

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ М. Д. Гомеля

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

**на тему: «Вплив технологічних параметрів варіння на якість волокнистих
напівфабрикатів із однорічних рослин»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) VI курсу, групи ЛЦ-61м

Шишкіна Світлана Олегівна _____

Керівник:

Доцент, к.т.н, доцент,

Черьопкіна Романія Іванівна _____

Консультант з математичного моделювання:

Доцент, к.т.н., старший науковий співробітник,

Плосконос Віктор Григорович _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студентка Мітько А. В.

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою
Спеціальність (спеціалізація) – 8.05130110 Хімічні технології та інженерія
(Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ М. Д. Гомеля

«__» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Шишкін Світланы Олегівны

1. Тема дисертації «Вплив технологічних параметрів варіння на якість волокнистих напівфабрикатів із однорічних рослин», науковий керівник дисертації Черьопкіна Романія Іванівна, доцент, к.т.н., затверджені наказом по університету від «21» 03 2018 р. № 979 – с
2. Термін подання студентом дисертації 16.05.2018 р
3. Об'єкт дослідження: волокнисті напівфабрикати отримані із стебел соломи, ріпаку та сої під час мацерації з використанням NaOH та варіння
4. Предмет дослідження: стебла соломи, ріпаку та сої, технологічні режими мацерації з використанням NaOH та варіння
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: вивчити хімічний склад соломи, стебел ріпаку та сої; провести мацерацію та варіння; дослідити вплив основних технологічних параметрів (мацерації та варіння) на процес одержання волокнистих напівфабрикатів та їх показники якості; визначити оптимальні параметри одержання волокнистих напівфабрикатів з використанням методів математичного планування експерименту та методів оптимізації; дослідити паперотворні властивості отриманих напівфабрикатів; обґрунтувати доречність використання отриманих напівфабрикатів у виробництві обгорткового паперу та пакувального паперу для текстильних матеріалів.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: хімічний склад соломи, стебел ріпаку та сої; фізико – механічні показники волокнистих напівфабрикатів із соломи, стебел ріпаку та сої; показники міцності обгорткового паперу та паперу для пакування текстильних матеріалів; результати математичної обробки.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

Збірник тез доповідей XIII міжнародної науково – практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання»

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Математичного оброблення результатів	доц., к. т. н. Плосконос В. Г.	25.04.18	

9. Дата видачі завдання 12 лютого 2018 року _____ -

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Вибір теми магістерської дисертації (з науковим керівником) та затвердження її на засіданні кафедри	12.03 – 15.03	
2	Розроблення змісту (плану) магістерської дисертації	14.03 – 19.03	
3	Літературний огляд за темою дослідження та аналіз	19.03 – 21.03	
4	Обґрунтування методики проведення досліджень	22.03 – 23.03	
5	Підготовка експериментальної частини та погодження його змісту з науковим керівником	24.03 – 14.04	
6	Оформлення ілюстративного матеріалу	15.04 – 21.04	
7	Розроблення розділу стартап	29.04 – 04.05	
8	Оформлення магістерської дисертації та подача науковому керівнику	05.05 – 18.05	

Студент

С.О. Шишкіна

Науковий керівник дисертації

Р. І. Черьопкіна

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 97 стор., 18 рис., 16 табл., 35 першоджерела, 4 додатки

Актуальність теми: поповнення альтернативними джерелами сировини целюлозо-паперової промисловості за рахунок використання відходів сільського виробництва злакових та олійних культур, які в Україні вирощуються на значних площах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами представниками асоціації українських виробництв целюлозно-паперової галузі “Укрпапір” та фінською компанією “JakoPougu” з метою внесення пропозицій в стратегічну програму розвитку целюлозо-паперової промисловості України на період до 2020 р.

Мета і задачі дослідження: отримання волокнистих напівфабрикатів із пшеничної соломи, стебел ріпаку та сої, а також ефективного їх використання для виробництва паперу для гофрування.

Об'єкт дослідження: волокнисті напівфабрикати отримані із стебел соломи, ріпаку та сої під час мацерації з використанням NaOH та варіння.

Предмет дослідження: стебла соломи, ріпаку та сої, технологічні режими мацерації з використанням NaOH та варіння.

Методи дослідження: для приготування варильних розчинів використовували стандартні методики. Проводили процес варіння у колбах із зворотніми холодильниками.

Для визначення якості целюлози та паперу використовували хімічні, фізико-механічні та фізико-хімічні та фізико-механічні стандартні методи. Вихід целюлози визначали гравіметричним методом.

Для отримання математичної залежності результатів проведення варіння від основних технологічних факторів використовували метод математичного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів: розроблено, а також запатентовано вплив технологічних параметрів на отримання волокнистих напівфабрикатів із пшеничної соломи, сої та ріпаку з подальшою мацерацією NaOH та варінням. Встановлено вплив витрат активного лугу, температури, тривалості варіння та каталізатора (антрахінону) на паперотворні властивості. Експериментально показано доцільність використання волокнистих напівфабрикатів одержаних із однорічних рослин для виготовлення паперу для гофрування.

Практичне значення одержаних результатів: дослідження дають можливість впроваджувати у виробництво недавно забуті, але актуальні досить програми розвитку сировинної бази целюлозо-паперових виробництв в Україні за рахунок їх швидкої відновлюваності і отримання целюлози даним способами.

Розроблено і обґрунтовано режими одержання волокнистих напівфабрикатів із недеревної рослини сировини з подальшою мацерацією NaOH та варінням, який може бути використаний для виготовлення паперу для гофрування.

Публікації: за темою отримано 1 патент на корисну модель України та 2 тез.

ПШЕНИЧНА СОЛОМА, СТЕБЛА РІПАКУ, СТЕБЛА СОЇ, МАЦЕРАЦІЯ, ВАРІННЯ, АКТИВНИЙ ЛУГ, АНТРАХІНОН, ВОЛОКНИСТИЙ НАПІВФАБРИКАТ, ПАПІР ДЛЯ ГОФРУВАННЯ

ABSTRACT

Master's thesis: 97 p., 18 fig., 16 tab., 36 source, 4 application

Elevance of the theme: increase of the raw material base of the pulp and paper industry due to the use of alternative types of raw materials, primarily non-wood vegetable raw materials, which are grown in very large areas in Ukraine.

Relationship of work with scientific programs, plans and topics by the representatives of the association of Ukrainian pulp and paper industry Ukrpapyr and the Finnish company JakoPoyry in order to make proposals in the strategic program of development of the pulp and paper industry of Ukraine for the period till 2020.

Purpose and objectives of the research: obtaining fiber semi-products from straw stalks, rape and soybeans, as well as finding efficient use of them for the production of packaging types of paper.

Object of study: Fibrous semi-finished products obtained from stalks of straw, rape and soya during maceration using NaOH and cooking.

Subject of research: straw stems, rapeseed and soya, technological regimes of maceration using NaOH and cooking.

Methods of research: for the preparation of cooking solutions, standard techniques were used. They conducted a cooking process in flasks with reflux condensers.

To determine the quality of cellulose and paper, chemical, physico-mechanical and physico-chemical and physical-mechanical standard methods were used. The yield of cellulose was determined gravimetrically.

To obtain the mathematical dependence of the results of making of the key technological factors used method of mathematical modeling.

Scientific novelty of the obtained results: the influence of technological parameters on the production of fibrous semi-finished products from stalks of straw, soybean and rape, followed by maceration of NaOH and cooking was developed, as well as patented. The influence of active alkali consumption, temperature, cooking time and catalyst (anthroquinone) on the paper-making properties was established. The

feasibility of using fiber semi-finished products derived from annual plants for the production of corrugated paper has been experimentally demonstrated.

The practical significance of the results obtained: the research makes it possible to introduce newly forgotten, but actual enough programs for the development of the raw material base of cellulose-paper production in Ukraine due to their rapid recovery and cellulose production by these methods.

The modes of obtaining fibrous semi-finished products from non-wood vegetable raw materials, followed by NaOH maceration and cooking, which can be used for making corrugated paper, are developed and substantiated.

Publications: on the topic 1 patent for the utility model of Ukraine and 2 theses were received.

WHEAT SOLO, RIPE STEEL, SOYA STONE, MACCARRATION, MIXTURE,
ACTIVE LUG, ANTRAHINON, FIBER FOAM FABRICATED, PAPER FOR
CONFECTION

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	8
1.1 Хімізм натронного варіння.....	8
1.2 Хімізм впливу антрахінону на сировину	14
1.3 Хімізм мацерації	15
1.4 Хімічний склад зернових відходів як сировини для отримання целюлози.....	17
2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ	25
2.1 Проведення процесу мацерації та варіння пшеничної соломи, стебел сої та ріпаку.....	25
2.2 Аналіз відпрацьованих щолоків.....	26
2.3 Проведення процесу розмелювання волокнистого напівфабрикату і подальше одержання лабораторних зразків	27
2.4 Дослідження фізико-механічних показників лабораторних зразків волокнистих напівфабрикатів	27
2.5 Виготовлення лабораторних зразків паперу для гофрування.....	28
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	29
3.1 Визначення якісної характеристики волокнистих напівфабрикатів.....	29
3.2 Порівняння якості волокнистих напівфабрикатів, отриманих зі стебел ріпаку, сої та пшеничної соломи.....	30
3.2.1 Показники якості волокнистих напівфабрикатів отримані із стебел ріпаку	30
3.2.2 Показники якості волокнистих напівфабрикатів отримані із пшеничної соломи.....	34
3.2.3 Показники якості волокнистих напівфабрикатів отримані для стебел сої	39
3.3 Порівняння якості волокнистих напівфабрикатів, отриманих з різних видів не деревної рослинної сировини.....	44
3.4 Аналіз щолоків.....	45
3.5 Отримання зразків паперу для гофрування	48
4. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ	53

4.1 Вибір факторів та визначення інтервалів їх варіювання.....	53
4.2 Вибір параметрів оптимізації.....	53
4.3 Розроблення матриці експериментальних досліджень.....	54
4.4 Розроблення адекватних математичних моделей варіння, що досліджуються	56
4.5 Дослідження впливу факторів на вихідні показники на базі створених математичних моделей.....	58
6 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	89
6.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників під час виконання експериментальної частини магістерської дисертації	90
6.2 Виробничий шум та вібрації	94
6.3 Небезпека ураження електричним струмом	94
6.4 Небезпека виконання експерименту.....	95
6.5 Атестація робочих місць.....	96
6.6 Пожежна безпека у надзвичайних ситуаціях	97
ВИСНОВКИ.....	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	101
Додатки.....	106

ВСТУП

Швидкість глобального вирубування лісів і його шкідливий вплив на довкілля потребує виробників які використовують деревину вести пошук альтернативних джерел сировини. На сьогодні ми маємо актуальну проблему використання відходів сільського господарства, зокрема соломи, сої, ріпаку запаси яких в Україні достатні, щоб збільшити виробництво паперу та картону приблизно у 2 – 3 рази. Середня ринкова ціна відходів значно менша, ніж деревини. У разі застосування цієї сировини значно зменшуються енергетичні та фінансові затрати на її подрібнювання та сушіння. Крім цього, вона належить до швидковідновної сировини. Відомо, що із однорічних рослин у світі виробляють вже близько 15 % целюлози. Наприклад є відомості, що із соломи можна виготовляти целюлозу, папір, картон та інші види пакувальних матеріалів. У таких країнах як Великобританія, Угорщина, Іспанія, Португалія успішно застосовуються технології, за допомогою яких з 1 га продукту можна виготовити до 2 т паперу [1].

Ріпак – друга в Україні олійна культура за площею посіву та валовим виробництвом. Вирощуванням культури зайнято більш ніж 3000 сільськогосподарських підприємств. Середня урожайність ріпаку у 2016 році становила 17,5 ц/га. За хімічним складом ріпакова солома подібна до пшеничної, але має низку особливостей [2]. Варто зазначити, що стебла ріпаку відрізняються від пшеничної соломи підвищеною товщиною і жорсткістю, через що не набули застосування для традиційного сільськогосподарського використання. Близькість за складом та властивостями стебел ріпаку, сої, пшеничної соломи та деревини підтверджує необхідність використання стебел як сировини для виготовлення целюлози.

В Україні, як аграрній країні, однорічні рослини вирощують на масштабних площах і тому розробка ресурсозберігаючих технологій одержання целюлози та товарів широкого вжитку є важливою задачею. На основі встановленого раніше

хімічного складу пшеничної соломи, стебел ріпаку та сої показано, що вони є повноцінною сировиною для хімічного перероблення [3].

Метою даної магістерської дисертації є дослідження впливу технологічних параметрів мацерації та варіння на якість волокнистих напівфабрикатів із НДРС.

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Хімізм натронного варіння

Недеревна рослинна сировина, як і деревина піддається делігніфікації лужним способом. До таких способів відносять сульфатний та натронно – содовий спосіб. До найбільш поширених способів перероблення недеревної сировини відносять напівхімічний та хімічний методи. Напівхімічні методи базуються на використанні соди, чому передують попередня обробка сировини гідроксидом натрію за кімнатної температури. Сода може використовуватися окремо, або разом з гідроксидом натрію [7]. Із всіх хімічних способів, які застосовуються для таких матеріалів, є содовий, содово-натронний, содово-антрахінонний процеси, далі сульфатний та моносультфитний, які передбачають видалення та розчинення лігніну за рахунок хімічних реагентів. Для делігніфікації сировини пропонуються варильні котли під тиском, шарові, сферичні ротаційні або барабанні циліндричні періодичної дії та апарати типу Пандія безперервної дії.

Домінуючий у світовій практиці сульфатний спосіб одержання целюлози дозволяє переробляти усі види рослинної сировини та отримати ВНФ з більш високими фізико-механічними показниками у порівнянні з іншими способами делігніфікації. Однак, сульфатний спосіб характеризується більшим забрудненням довкілля шкідливими сполуками сірки: сірководнем, метилмеркаптаном, диметилсульфідом, диметилдисульфідом [5]. Тому для кожної рослинної сировини в залежності від її хімічного складу продовжується пошук оптимальних параметрів проведення технологічних процесів іншими способами делігніфікації, наприклад, нейтрально-сультфитним способом [3]. У цьому способі застосовують в якості головного делігніфікуючого реагенту, в основному, сультфит натрію (як у сультфитному способі), з додаванням розчину луку для зміщення рН варильного розчину у лужне середовище (як у

сульфатному способі), що дозволяє зберігати геміцелюлози від гідролізу і, тим самим, збільшити вихід і фізико-механічні показники одержаного ВНФ [4].

Содовий та содово-натронний способи відносяться до екологічно чистих способів, оскільки в цих способах використовують лужні варильні розчини, дія яких схожа до сульфатного способу, але без сірки. Хімізм содового способу спрощується із-за відсутності в процесі сірки, яка утворює не бажані побічні сірчисті сполуки, а гідроксид натрію може бути регенований шляхом каустизації вапном розплавленого карбонату натрію. Використання антрахінону в якості каталізатора делігніфікації дозволяє підвищити вихід напівфабрикату, скоротити витрати реагентів. Содово-антрахінонне варіння передбачає використання гідроксиду натрію окремо, або разом з карбонатом натрію в присутності каталізатора антрахінону (АХ) [7–9].

Досвід комбінатів, які використовують натронно-содове варіння, свідчить про те, що вона супроводжується виділенням погано пахучих газів: в здувних газах отримані метилсірчані зв'язки, джерелом яких є сірка, яка потрапляє в систему з топливом. Таким чином, «екологічна безпека» не дотримується, а по якості натроно-содова напівцелюлоза поступається не тільки нейтрально-сульфітній, а й варінням з зеленим щолоком. Відпрацьований щолок содово-натроного варіння має більшу в'язкість, а теплота згорання її сухої речовини нижча, ніж при нейтрально-сульфітному варінні.

Варіння зеленим щолоком достатньо ефективно при отриманні напівцелюлози із деревини листяних порід із виходом від 65 до 80%. При цьому для варіння може використовуватися не тільки зелений щолок, який отримується після випаровування та згорання власних чорних щолоків, але також зелений щолок, який отримується в процесі регенерації сульфатних щолоків.

Реакції луку з лігніном

Вчені поділяли лужній лігнін на дві фракції, які розчиняються в суміші діоксану з ефіром нерозчинна частина, що склала близько 50 %, була названа лужним лігніном А, розчинна – лігніном В. Лігнін А містив 25 % метоксилів,

лігнін В – 17 %, співвідношення числа метоксильних і кислих гідроксильних груп в отриманих препаратах було близько 1: 2 [5].

Під дією лугу на лігнін протікає ряд реакцій:

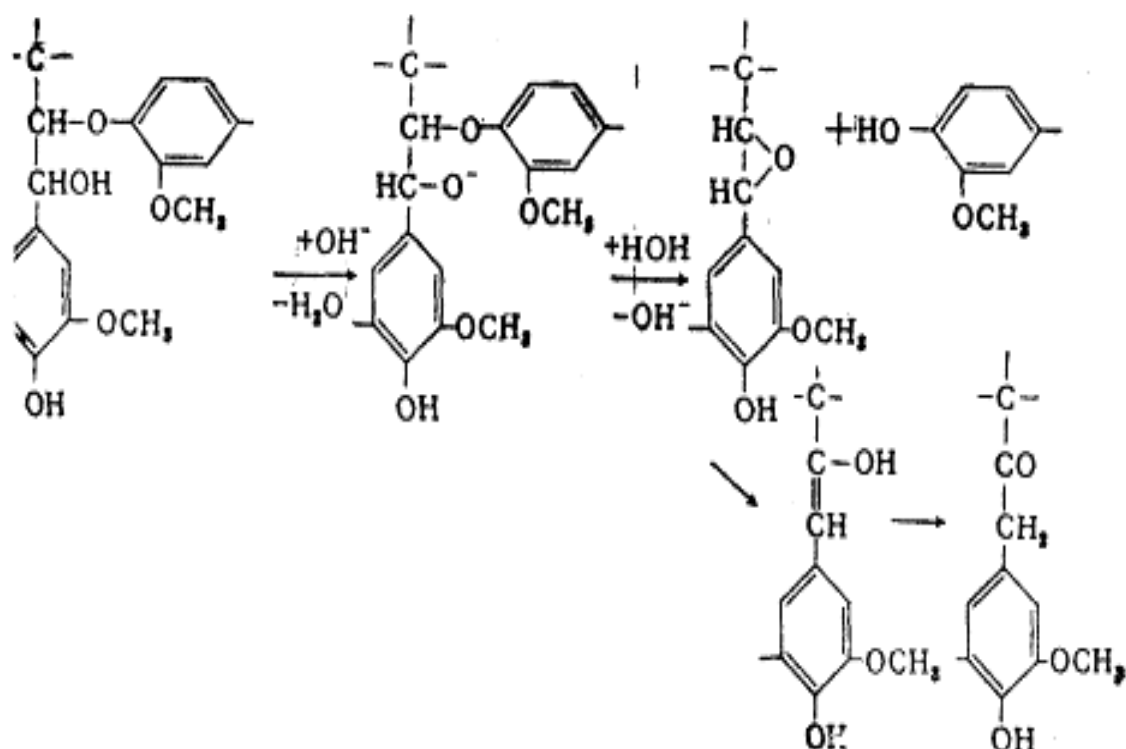
1. Утворення фенолятів за рахунок взаємодії з вільними фенольними гідроксилами



В процесі підкислення мінеральними кислотами лігнін випадає в осад.

2. Реакції деструкції простих ефірних зв'язків з утворенням нових фенольних гідроксилів і зменшенням молекулярної маси. До таких реакцій відносяться:

- 2.1. Розщеплення простих ефірних зв'язків структури β -O-4 з вільним фенольним гідроксидом (група X) протікає через утворення проміжного епокиду:

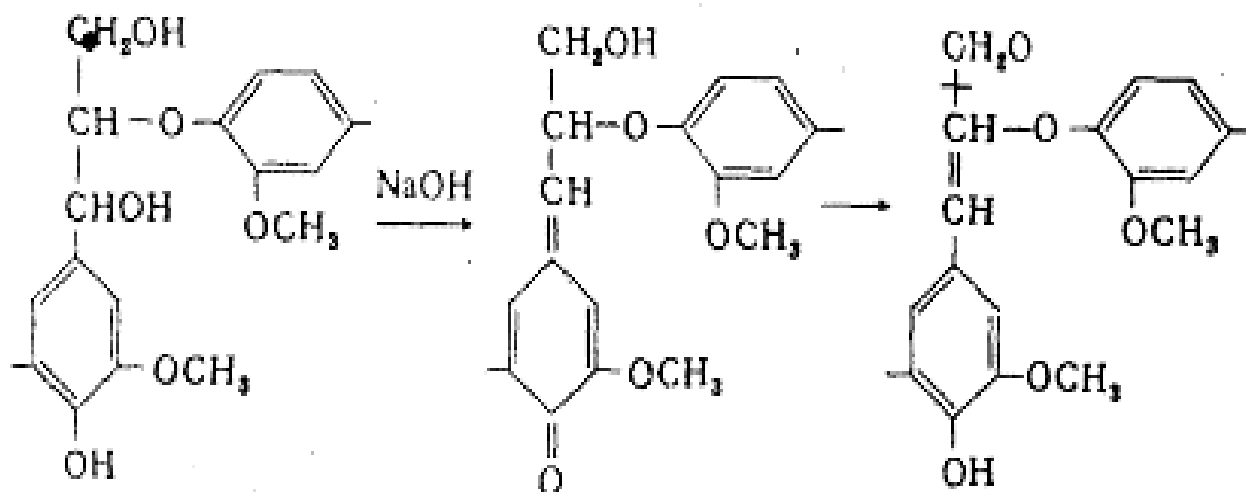


У місці розриву з'являється додатковий фенольний гідроксил, який посилює розчинність лігніну.

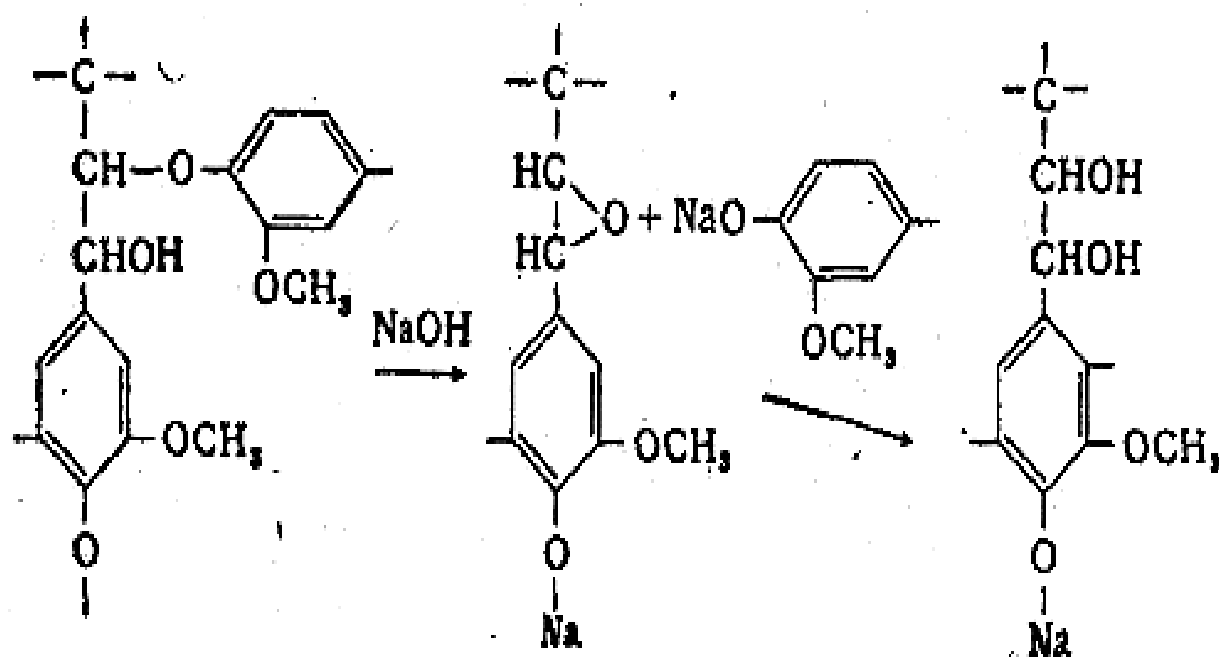
- 2.2. Коли в γ -положенні знаходиться гідроксильна група, то більше

імовірна інша реакція:

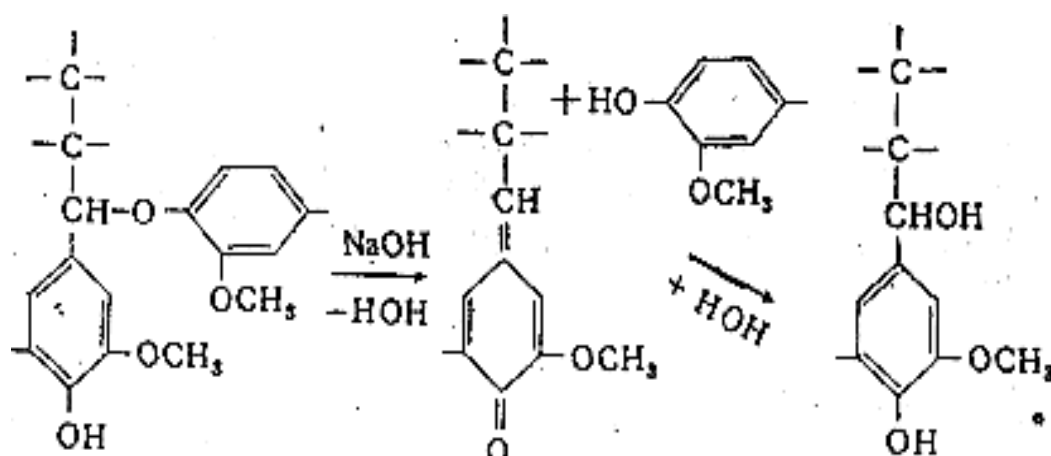
Утворена структура β -арилового ефіру енола стійка до лужної деструкції.



2.3. У структурах з етерифікованим фенольним гідроксилом простий ефірний зв'язок β -O-5 може розщеплюватися лише при наявності у сусіднього атома вуглецю вільного гідроксилу (група А')

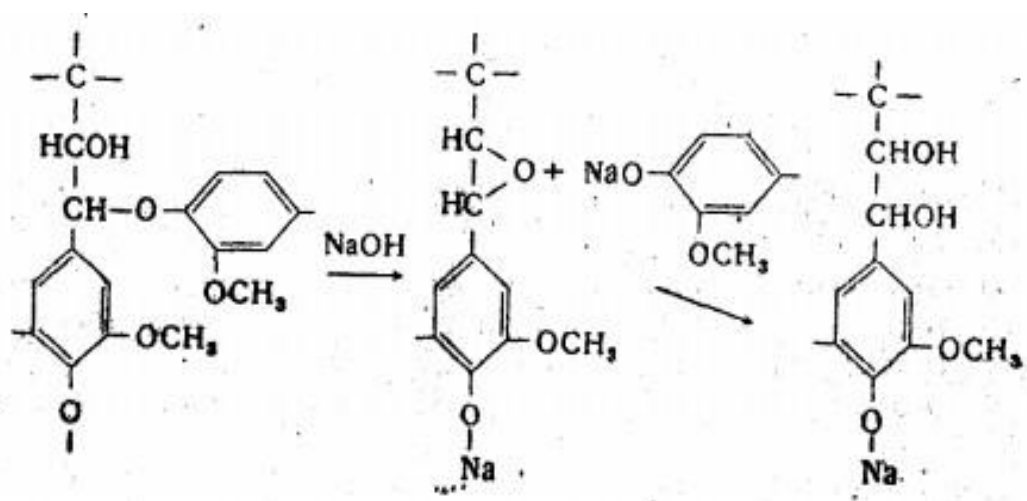


3. Розщеплення структури α -O-4 за наявності вільного фенольного



гідроксилу (група X) протікає в такий спосіб:

4. За наявності етерифікованого фенольного гідроксилу (група Z) простий ефірний зв'язок α -O-4 розщеплення через проміжний епоксид по іонному механізму



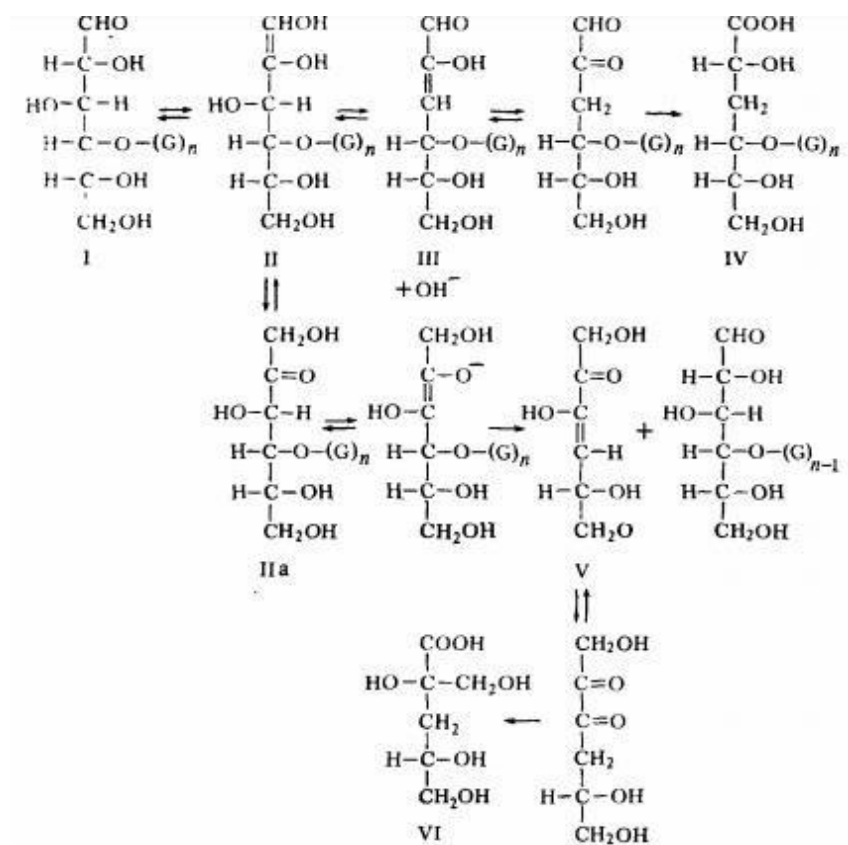
5. Розщеплення простих ефірних зв'язків в структурах α -O- γ в структурах пінорезінола;
6. Розщеплення простого ефірного зв'язку в метоксильній групі;
7. Розщеплення вуглець-вуглецевих зв'язків. Ці зв'язки стійкі до лужної деструкції, але під дією високої температури і тиску можливий розрив зв'язків β - α , β - γ .

Деструкція вуглеводів під дією лугу

Полісахариди, в першу чергу гексозани і пентозани, які легко гідролізуються при натронному варінні піддаються більш-менш глибокого розпаду, продуктами якого є кислоти і, головним чином, оксикислоти.

У світлі сучасних досліджень основні реакції і процеси, які відбуваються з вуглеводами під дією лугу можна звести до наступних [6]:

1. відщеплення ацетильних груп;
2. необмежене лужне набухання і розчинення цілих молекул без істотного хімічної зміни;
3. зворотнє осадження розчинених вуглеводів і адсорбція їх ланцюгоподібних молекул на поверхні целюлозних фібрил;



4. поетапне відщеплення кінцевих ланок від ланцюгових молекул (реакція *reling*) - реакція, що включає енолізацію кінцевих ланок, гідроліз р-алкоксикарбонільних зв'язків і подальшу деградацію продуктів відщеплення в розчині, в тому числі ізомеризацію і утворення оксикислот;

5. реакція гальмування (реакція *storing*), що включає дегідратацію і внутрішньо-молекулярне перегрупування в конфігурації, що протистоять дії

лугу;

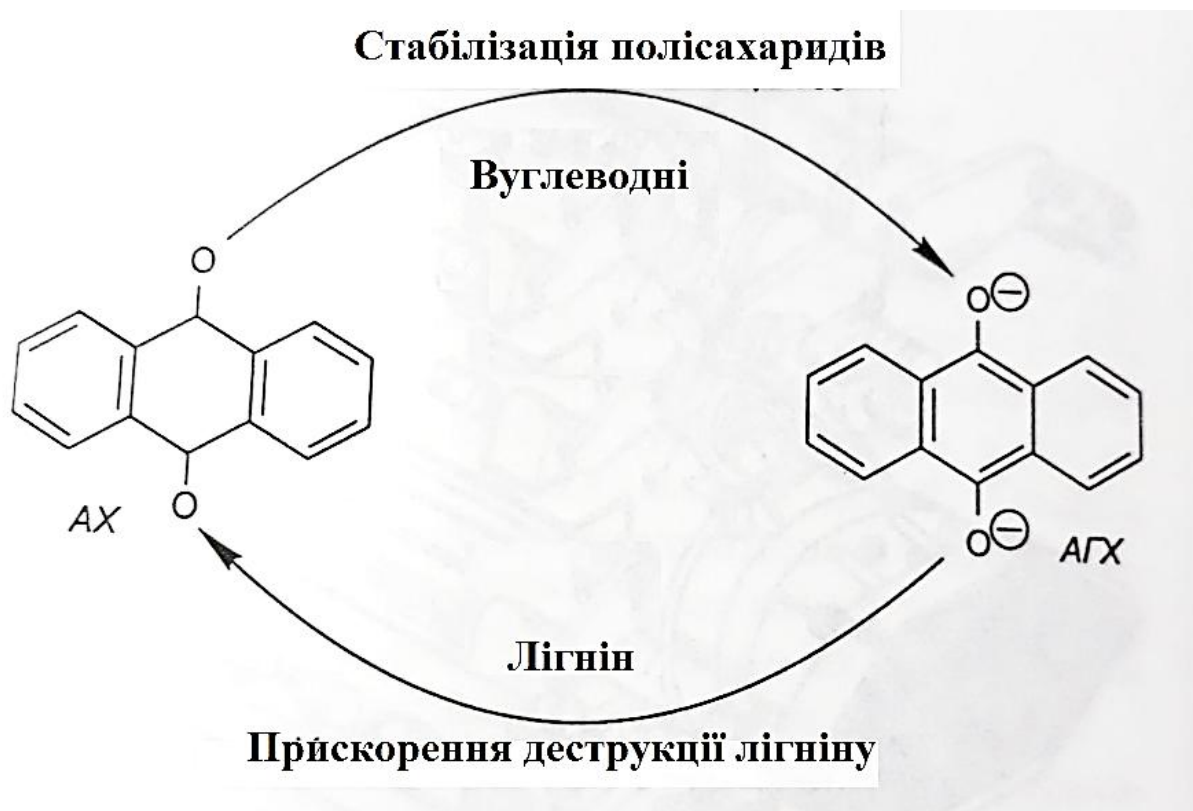
6. лужний гідроліз р-глікозидних зв'язків, що веде до деполімеризації ланцюгових молекул в більш короткі фрагменти, які піддаються подальшому руйнуванню за допомогою реакції відщеплення і частково переходять в розчин.

Реакція відщеплення для гексозанів, що мають глікозидний зв'язок 1:3, в гарячих лужних розчинах. Механізм дії лугу на полісахариди залежить від типу приєднання глікозидних груп до альддоз [7].

1.2 Хімізм впливу антрахінону на сировину

Антрахінон - світло-жовті кристали, представник класу хінонів. Він практично не розчиняється у воді, розчинний в органічних розчинниках. Вперше синтезовано Огюстом Лораном в 1835 р окисленням антрацену азотною кислотою. Застосовується як напівпродукт в синтезі барвників [7].

Встановлено, що введення антрахінону і зниження температури варіння покращує вибірковість процесу делігніфікації, сприяє більшому збереженню геміцелюлоз, що забезпечує збільшення міжволокневих зв'язків, підвищує вихід і фізико-механічні показники отриманого волокнистого напівфабрикату [8].



1.3 Хімізм мацерації

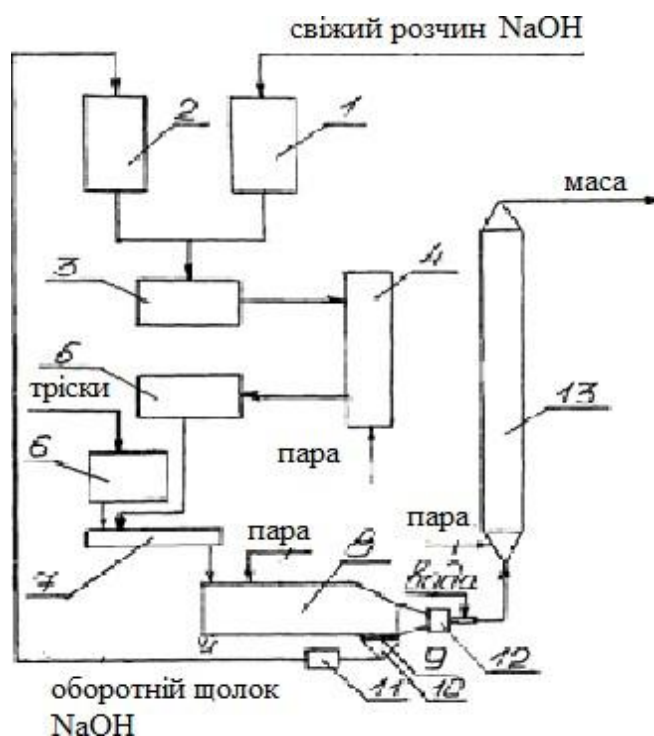
Соеву та ріпакову солому піддавали делігніфікації содово-натронним способом з різним відношення Na_2CO_3 до NaOH за $T\ 175^\circ\text{C}$, витрат активного луку 10 % від маси абс. с.с., тривалістю 90 хв, з використанням каталізатора антрахінона (AX). Можна зробити висновок, що солома сої делігніфікується повільніше, за одних і тих же умов варіння. Це підтверджується більшим виходом на 1,5-8 %, в порівнянні із ріпаковою соломою та нижчим значенням розривної довжини. Опір роздиранню, навпаки, дещо вищий за рахунок збільшення об'ємної маси, що можна пояснити більшою кількістю дрібного волокна у ВНФ, отриманих із соломи сої. Позитивний вплив додавання AX на вихід і механічні показники ВНФ в обох випадках пояснюється стабілізацією вуглеводної частини, легшим фібрилюванням волокон. Підвищення лужності варильного розчину покращує показники міцності ВНФ, що узгоджується з теоретичними даними, а саме більш рівномірним розподілом лігніну у товщі клітинної стінки. За однакових умов варіння показники якості ВНФ із соломи ріпаку вищі, що підтверджується глибшою їх делігніфікацією та більшими

розмірами волокон [4].

Спосіб здійснюють з використанням установки, схема якої показана на рис. 1.1.

Запропоновано спосіб отримання целюлози з однорічних рослин, який може бути використаний в целюлозно-паперовій промисловості для виробництва різних видів паперу та картону [8].

Спосіб включає просочення в реакторі і мацерацію січки водними розчином гідроксиду натрію за концентрації 20 – 30 г/л в од. Na_2O за температури 30-80 °С. Спосіб ведуть за співвідношення маси розчину до маси сухої січки 7: 1. Просочену січку витримують за температури протягом 30 хв. Відбирають рідку фазу. Додають в масу нагріту воду, підвищують температуру маси до 96 °С і здійснюють варіння за цієї температури протягом 2 годин 30 хв. Технічним результатом є підвищення виходу целюлози, скорочення тривалості процесу,



його спрощення і зниження енергетичних витрат

1 – бак для свіжого розчину NaOH ; 2 – бак для оборотного розчину NaOH після мацерації; 3 – бак для змішаного (робочого) розчину NaOH ; 4 – бак для

підігріву змішаного розчину NaOH; 5 – видатковий бак підігрітого змішаного розчину NaOH; 6 – бункер для січки соломи; 7 – шнековий змішувач-транспортёр з регульованою швидкістю подачі маси; 8 – мацератори; 9 – сітка для стікання; 10 – воронка; 11 – насос для перекачування оборотнього розчину; 12 – масних шнековий насос; 13 – варильний котел.

Рисунок 1.1 – Схема виробництва целюлози натронним способом з використанням мацерації.

Спосіб отримання недеревної целюлози включає введення у варильний апарат січки однорічних рослин і варильного розчину з подальшим варінням січки за заданих режимів. Варіння січки проводять натронним варильним розчином, активним реагентом якого є гідроксид натрію (NaOH) із витратам загального лугу 14 – 16 % в од Na₂O, за температури 180 оС, гідромодуля 5:1, протягом 90 – 150 хвилин [8].

Методика мацерації деревної тканини. Мацерацію деревної тканини здійснюють руйнуванням міжклітинної речовини в результаті делігніфікації сильними окислювачами. Найбільш часто в якості окислювачів використовують 10 або 20 % розчину гідроксиду натрію [9].

1.4 Хімічний склад зернових відходів як сировини для отримання целюлози

Провідними вітчизняними та закордонними науковцями Л.А. Чурсіню, Г.А. Тіхосовою (Україна), В.В. Живетіним, Л.Н. Гінзбургом, Є.Л. Пашиним, Н.М. Федосовою (Росія), Р. Козлавським (Польща), П.Л. Каполето (Італія) доведено, що солома придатна для одержання целюлозовмісних напівфабрикатів з метою виготовлення різноманітних целюлозних матеріалів [10].

Виходячи з цього, вітчизняні фахівці розглядають використання НДРС як основу створення власної сировинної бази для ЦПП. Важливість застосування рослинної сировини для одержання целюлозовмісних напівфабрикатів висвітлено

в концепції «Загальнодержавної цільової програми розвитку ЦПП України та вітчизняного ринку картонно-паперової продукції на період до 2020 року» можна визначити оптимальні варіанти розв'язання проблеми сприяння розвитку власної сировинної бази для підприємств целюлозно-паперової галузі [11]. Реалізація цих завдань передбачає проведення оцінки наявних ресурсів соломи однорічних рослин (пшениці, кукурудзи, льону, конопель тощо) з метою їх подальшого використання у виробництві сировинних напівфабрикатів для даної галузі.

Відомо, що рослини недеревної природи мають високий вміст целюлози й широко застосовуються як для виробництва тканин, так і для одержання ВНФ, які призначені для виготовлення целюлозних матеріалів. У багатьох країнах світу, наприклад у Пакистані, Таїланді та Перу, недеревна сировина є основним видом сировини для виробництва целюлози. У Китаї майже 89 % целюлозовмісної продукції виробляють із соломи однорічних рослин [11].

З огляду на те, що у 2001 році в нашій державі посівні площі пшеничної соломи не перевищували 3 тис. га, а у 2014 році зросли більш ніж у 20 разів і досягли 65 тис. га, можна стверджувати, що ця олійна культура є дешевою й доступною сировинною базою для вітчизняного виробництва целюлозних напівфабрикатів. Однак солома в нашій державі зовсім не використовується. Це пов'язано з відсутністю технології поглибленої переробки стебел олійної культури з метою одержання целюлозовмісних напівфабрикатів із цієї сировини [12].

Хімічний аналіз рослинної сировини має важливе значення для оцінки його придатності у виробництві целюлози.

Відомо, що ксилема злакових рослин на 85 – 91 % складається з високомолекулярних сполук - целюлози, лігніну. Також відходи зернового виробництва характеризується високою зольністю (солома), високим вмістом пігментів, наявністю жировоскового шару на зовнішній і внутрішній поверхні стебла злакових культур [13].

Авторами було показано, що кількість клітковини в відходах зернового

виробництва варіює від 18,7 до 58,8 %, ліпідів 0,5-5,1 %, протеїну 3,3-12,0 %, золи 3,2-16,7 %. Найбільший вміст клітковини відзначається в соломі пшениці, сої і досягає 43,6- 48,8 % [14].

Також наведено, що підвищений вміст мінеральних речовин відзначається в соломі та ріпаку 13,7-16,8 % (80-85% припадає на частку діоксиду кремнію). Солома і ріпак можуть бути сировиною для отримання аморфного кремнезему (білої золи).

Таким чином, з наведених вище даних можна відзначити, що недеревні рослинні відходи можуть служити сировиною для отримання продуктів, таких як целюлоза та її похідні глюкоза, етанол і т.д. Найбільш перспективними для отримання целюлози є солома пшениці [14].

У статті В.И. Торгашва, Е.В. Гирта, О.В. Зубца, Ф.Н. Капуцкого було досліджено невибілену целюлозу, виділену натронним способом із стебел ріпаку, сої, соломи, а також рослинна тканина цих сировинних джерел [15].

Вихідні матеріали перед варінням подрібнювали до січки (розміром 15 – 50 мм). Обрані умови, що дозволяють виділити з соломи целюлозу з виходом 47 %, вмістом пентозанів, залишкового лігніну і золи відповідно 15, 2,2 і 0,9 %. Ці умови полягали в наступному: стадія кислотної обробки включала в себе просочення водним розчином 2,7 % HNO_3 за нормальної температури, гідромодуля 8,4 мл/г протягом 1 год; підвищення температури за цей час до 85 – 88 °С і власне варіння в цих умовах протягом 2 год за атмосферного тиску в стаціонарному режимі. Продукти обробки промивали гарячою водою до нейтральної реакції.

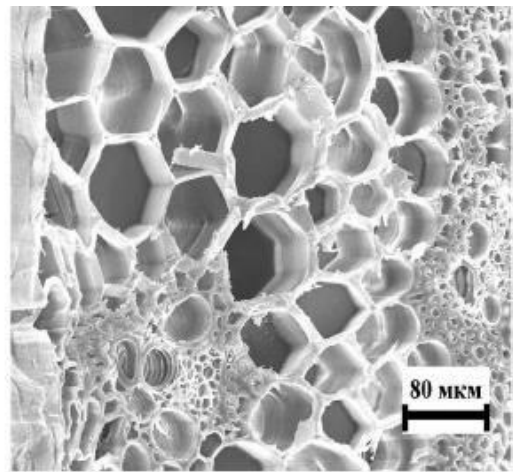
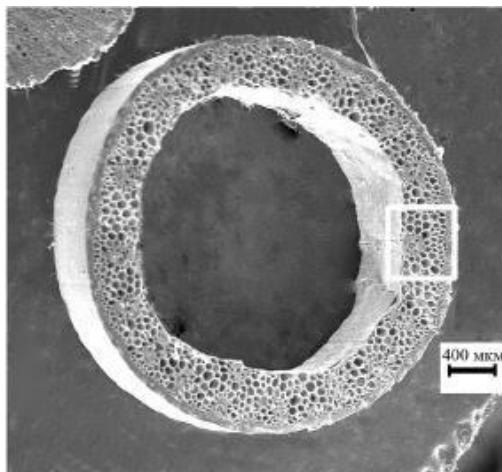
В результаті дослідження отримано зображення поперечних зрізів стебел соломи, ріпака і сої. Проаналізувавши зображення можна сказати, що найбільш сприятливою морфологією характеризуються стебла соломи. За формою вони являють собою порожнистий циліндр. На відміну від пустотілих стебел соломи осьовий канал стебел ріпаку та сої заповнений сірою паренхимною тканиною.

Стебла сої відрізняються від стебел соломи і ріпаку значно більшою

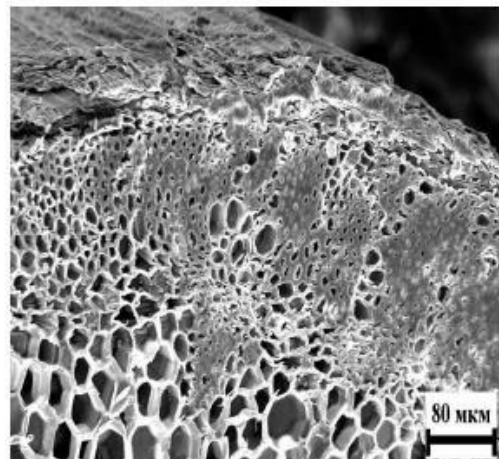
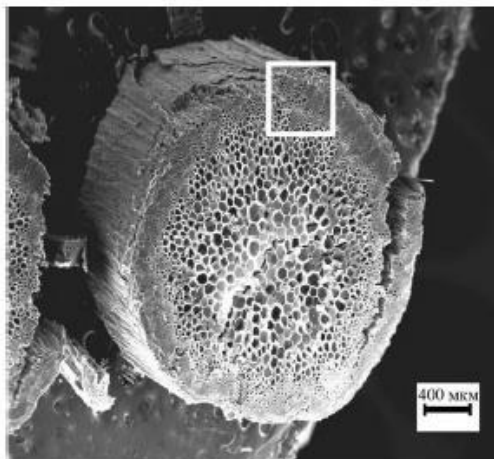
твердістю, що ускладнює отримання поперечних зрізів. Таким чином, вже на підставі якісного аналізу викладених спостережень можна говорити про зменшення ефективності масопереносу реагентів за механізмом капілярного течії в ряду: солома > ріпак >> соя.

В статті Ф.Н. Капуцкого, Т.Л Юркштовча, В.А. Алиновскої опубліковано характеристику складових частин стебел сировинних культур. Опрацювавши дані стверджувати, що найбільш однорідною сировиною є солома. Обсяг її осьового каналу становить більшу частину від обсягу стебла і практично однаковий на всій його довжині. Залежно від ділянки стебла (прикореневий, центральний, верхівковий) обсяг осьового каналу ріпаку займає 37 – 54%, а у сої - 7 – 39 % загального обсягу. Вміст пентозанів в паренхимній тканині ріпаку і сої становить відповідно 17,5 і 15,8 %. Її досить виразна рентгенограма відповідає целюлозі-I [16].

Солома



Ріпак



Соя

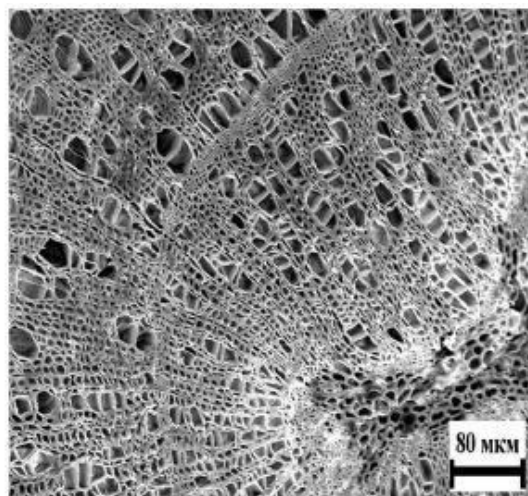
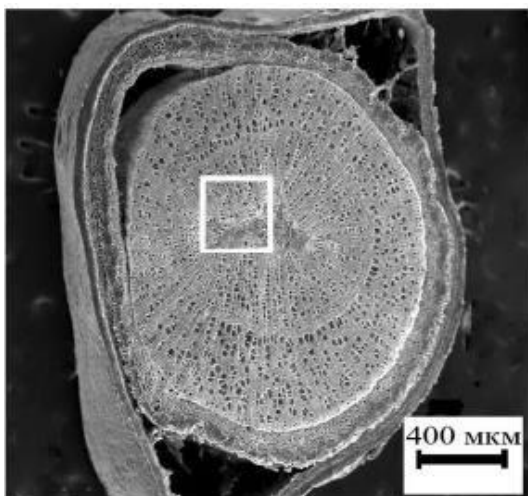


Рисунок 1.2 – Поперечні зрізи стебел соломи, ріпака та сої

Таблиця 1.1 – Характеристика складової частини стебла олійних культур

Сировина	Об'єм осевого каналу, % від загального об'єма стебла	Паренхимна тканина			
		Масова частка, %	d, г/см ³	V _c , %	V _n , %
Солома	53,2	0	-	-	-
Ріпак	42,3	4,4	0,02	1,3	98,7
Соя	24,2	1,4	0,018	1,2	98,8

За даними трансмісійної мікроскопії, в препаратах, приготовлених з суспензій паренхимної тканини за допомогою ультразвуку, спостерігаються характерні для целюлози виражені фібрильовані фрагменти. Таким чином, логічно припустити, що присутність паренхимної тканини в стеблах ріпаку не повинно негативно впливати на процес виділення з них целюлози і впливати на властивості целюлозних виробів.

Целюлоза з стебел сої характеризується і найбільш придатною схильністю до підвищення ступеня млива. Уже однохвилинна обробка її в лабораторному розмелювачі призводить до підвищення ступеня млива з 44 до 58 °ШР. Для зростання ступеня млива целюлози з соломи від 34 до 60 °ШР потрібно втричі більша тривалість обробки за тих же самих умов.

Целюлоза з стебел ріпаку займає за цим показником прохідне становище. Достатнє початкове значення ступеня млива целюлози з стебел олійних культур, а також схильність до швидкого її підвищення забезпечують отримання жирної тонковолокнистої маси з високою водоутримуючою здатністю за рахунок утворення при зневодненні щільного шару на сітці. У порівнянні з цими матеріалами целюлоза із соломи жита має помітно кращу водовіддачу [17] .

За даними В. Гранта, спосіб включає мацерацію сировини водним розчином гідроксиду натрію за концентрації 38 г/л в од. Na₂O за температури 96 °С.

Показники міцності для целюлози складають: розривна довжина 4500 м, опір зламу 20 подвійних перегинів, опір роздиранню 680 мН. Солом'яну целюлозу отримали варінням з використанням активного луку з концентрацією 33 % [18].

Таблиця 1.2 – Фізико-механічні показники відливок целюлози, отриманих з однорічних рослин

Показники	Вид ВНФ		
	Солома	Ріпак	Соя
Маса 1м ² , г	101,9	98,7	98,5
Щільність, г / см ³	0,57	0,64	0,7
Розривна довжина, м	8560	7770	5760
Розтягування при розриві, %	2,53	2,52	1,48
Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п.	26	23	23
Опір раздиранню, мН	800	780	680
Гладкість, с	70	95	120

З порівняння отриманих (табл. 1.2) і опублікованих даних випливає, що по механічними властивостями експериментальні зразки цілком відповідають нормативам целюлозно-паперового виробництва. Слід мати на увазі, що під терміном «солом'яна целюлоза» в літературі, як правило, мається на увазі целюлоза з стебел соломи. В силу відносно малої довжини волокна і присутності компонентів неволокнистої характеру будови низький опір зламу характерно для більшості видів целюлози з стебел соломи. Згідно з даними табл. 1.2, целюлоза з стебел соломи і ріпаку характеризується досить схожими фізико-механічними властивостями. Целюлоза з стебел сої, виходячи з показників щільності і розтягування при розриванні, є більш жорстким продуктом. Відомо, що присутність солом'яної целюлози в композиції паперу покращує структуру паперу, підвищує щільність листа, гладкість його поверхні, що забезпечує

рівномірність сприйняття фарби в процесі друку і чорнила на листі [19].

Узагальнюючи досягнення вчених у сфері сучасних технологій поглибленого перероблення НДРС, можна дійти висновку, що ці розробки є недосконалими і енергозатратними. Їх системний розвиток потребує подальших наукових розробок. Тому одним з основних завдань даної магістерської дисертації є розвиток наукових основ поглибленого перероблення стебел сої, ріпаку і пшеничної соломи з метою отримання ВНФ різного функціонального призначення.

2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

2.1 Проведення процесу мацерації та варіння пшеничної соломи, стебел сої та ріпаку

Підготування сировини до мацерації. Для проведення досліджень використовували пшеничну солому, стебла ріпаку та сої, які нарізали розміром 3-4 см.

1) Мацерацію сировини проводили з використанням розчину NaOH із концентрацією 16 г/дм³, 20 г/дм³, 24 г/дм³ та 15 г/дм³ в од. Na₂O з використанням антрохінону та тривалості 30 хв.

Розчин NaOH відповідних концентрацій готували наступним чином: концентрований розчин NaOH з концентрацією 48,54 % розбавляли відповідно до розрахунків до необхідної нам концентрації.

а) Дослідження проводили в лабораторних умовах з використанням конічних колб. Досліджували процес мацерації НДРС і варіння. Далі всі процеси вели згідної методики.

б) Проведення мацерації. Оброблення лугом проводили в колбах об'ємом 750 мл, на водяній бані із зворотнім холодильником. У колби завантажували попередньо подріблену і зважену на технічних вагах січку та стружку в розрахунку на 50 г а/с сировини, заливали 350 мл розчину NaOH, за ГМ 7:1, з відповідною концентрацією 16 г/дм³, 20 г/дм³, 24 г/дм³ та 15 г/дм³ в од. Na₂O з використанням антрохінону за температури 80 °С і витримували 30 хв. В цей період відбувається процес просочення і мацерації січки. По закінченні вказаного часу масу вивантажували на сітку для вільного стікання щолоку.

2) Твердий залишок після стікання рідини, поміщали у колбу на 750 мл додавали в колбу 90 мл гарячої Н₂О і встановлювали колбу на водяну баню попередньо нагріту до температури приблизно до 95-96 °С та продовжували варіння протягом 60, 90 та 150 хв. Температуру варіння підтримували постійною, доливаючи у баню гарячу воду та контролювали за допомогою термометра.

По закінченні процесу варіння твердий залишок промивали під тиском води на ситах з сіткою № 50, зневоднювали до сухості приблизно 18 % і висушували на повітрі або зберігали у поліетиленових пакетах для забезпечення постійної вологості.

У твердому залишку визначали:

- коефіцієнт сухості;
- вихід напівфабрикату;
- вміст залишкового лігніну;
- фізико-механічні показники.

Всі дослідження проводили згідно стандартних методик.

Волокнисті напівфабрикати (ВНФ) розмелювали у центробіжно-розмелювальному апараті (ЦРА) для виготовлення лабораторних зразків, які піддавали фізико-механічним випробуванням згідно стандартних методик.

2.2 Аналіз відпрацьованих щолоків

В результаті мацерації і варіння кількість відпрацьованого розчину, що вільно стікає, залежить від виду сировини, що використовується.

В результаті мацерації кількість відпрацьованого розчину, що вільно стікає, залежить від виду сировини, що використовується і становить: для стебел ріпаку – 166-172 мл; для пшеничної соломи – 150-155 мл; для стебел сої – 126-130 мл.

Кількість відпрацьованого варильного розчину після мацерації та варіння виміряли спеціальним циліндром. Відпрацьований варильний розчин піддавали аналізу щодо залишкової концентрації активного лугу. Аналіз проводили за методикою – визначення вільного NaOH.

В мірній колбі на 500 мл розміщують 50 мл чорного щолоку, куди відбирали 50 мл 1 н розчину хлористого барія, після чого доливають до мітки дистильованою водою і перемішують вміст колби.

Для уникнення пінення – необхідно було вливати щолок, хлористий барій і воду обережно по стінкам колби і лише після цього взбовтувати розчин.

Після відстоювання осаду у колбу відбирали 25 мл освітленого розчину, переносячи його в колбу для титрування, куди попередньо додано 2-3 каплі фенолфталеїну і відтитровують 0,1 н НСІ до зникнення рожевого забарвлення. Титрування слід було проводити в присутності глухої проби – 25 мл освітленого розчину щолоку, але без додавання до нього фенолфталеїну. В цьому випадку легше побачити зникнення рожевого забарвлення фенолфталеїну в жовто-бурому розчині варильного щолока.

2.3 Проведенн процесу розмелювання волокнистого напівфабрикату і подальше одержання лабораторних зразків

Для одержання лабораторних зразків кожного ВНФ та визначення їх фізико-механічних показників було проведено розмелювання ВНФ отриманих із стебел ріпаку та сої, пшеничної соломи в ЦРА до ступеня млива 60-62 ⁰ШР і виготовлення відливки на листовідливному апараті (ЛА-2) масою 75 г/м², згідно стандартної методики.

2.4 Дослідження фізико-механічних показників лабораторних зразків волокнистих напівфабрикатів

Лабораторні відливки ВНФ масою 75 г/м² піддавали випробуванням з визначенням фізико-механічних показників, які проводили у відповідності до стандартних методик за таких умов кондиціювання: температура – 20±2 ⁰С, вологість – 60±3 % в ЗАО “Інститут паперу”.

Отримані лабораторні відливки піддавали випробуванню на:

- розривну довжину, м – за ГОСТ 13525.1-79;
- міцність на злом під час багаторазових перегинівх, к.п.п. – за ГОСТ 13525.2-80;
- опір продавлюванню, кПа – за ГОСТ 13525.8-86;
- опір роздиранню, мН – за ГОСТ 13525.3-97.

2.5 Виготовлення лабораторних зразків паперу для гофрування

Лабораторні зразки паперу для гофрування виготовлялись масою 1 м^2 80 г із використання 100 % ВНФ, отриманих в результаті мацерації та варіння із сої, ріпаку та пшеничної соломи.

Для виготовлення лабораторних зразків гофрованого паперу масою 80 г/м^2 волокнисті напівфабрикати розмелювали у апараті ЦРА до досягнення ступеня млива 46-50⁰ШР.

Ступінь млива контролювали за допомогою приладу СР-2 типу Шоппер-Ріглера.

Визначення показників міцності паперу для гофрування згідно ДСТУ 7798:2015:

- маса 1 м^2 ;
- опір площинному стисненню, Н;
- опір торцевому стисненню, мН/м;
- абсолютний опір продавлюванню, кПа;
- питомий опір продавлюванню, кН/м;
- товщина, мм.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Визначення якісної характеристики волокнистих напівфабрикатів

Предметом дослідження є вплив процесу мацерації на НДРС у вигляді пшеничної соломи, стебел ріпаку та сої.

Раніше проведеними дослідженнями з хімічного складу стебел ріпаку та сої, а також пшеничної соломи було показано, що вони є доброю сировиною для отримання ВНФ [20].

Хімічний склад стебел ріпаку, сої та пшеничної соломи наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад стебел ріпаку, сої та соломи [20]

Частина стебла	Вміст целюлози, %	Вміст лігніну, %	Зольність, %	Пентозани, %	СЖВ, %
Стебла ріпаку					
стебло	38,7	26,7	3,9	26,7	2,2
суміш	36,6	22,3	4,3	22,3	5,0
Стебла сої					
стебло	42,0	24,2	5,3	24,1	1,6
Пшенична солома					
стебло	46,2	18,6	4,2	2,4	5,2

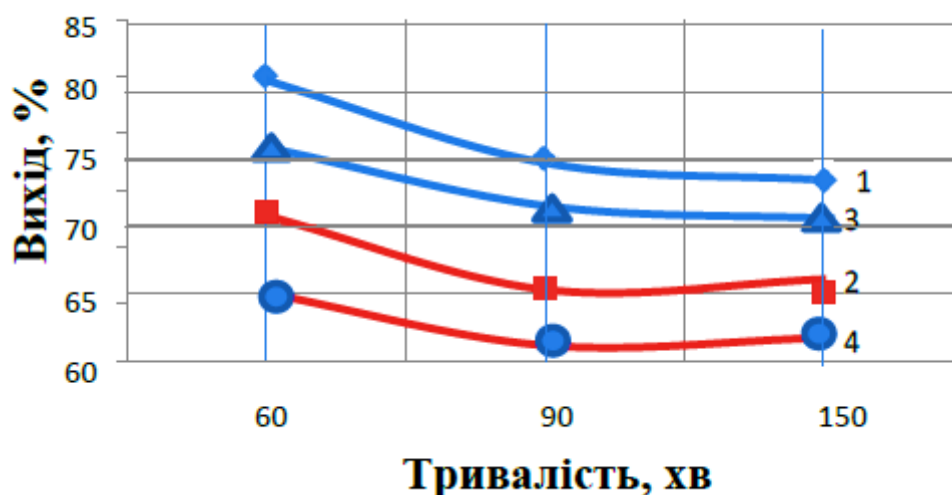
Нами було проведено процес мацерації з використанням стебел соломи, сої та ріпаку за концентрації розчину NaOH 16, 20 г/дм³ та 24 г/дм³ в од. Na₂O, а також за 15 г/ дм³ в од. Na₂O з використанням антрахінону. Мацерація проводилася в продовж 30 хв в усіх випадках, а далі проводили варіння за температури 85–90 °С впродовж 60, 90 та 150 хвилин. Мацерована сировина досліджувалась на вихід, вміст залишкового лігніну та фізико–механічні показники.

З метою порівняння даних пшеничну солому, стебла ріпаку та сої піддавали мацерації за концентрацій розчину NaOH 16 г/дм³, 20 г/дм³, 24 г/дм³ та 15 г/дм³ в од. Na₂O з використанням антрахінону. Температури близько 80 °С та тривалості 60, 90 та 150 хв. В отриманих ВНФ визначали залишковий вміст лігніну у порівнянні із вихідною сировиною.

3.2 Порівняння якості волокнистих напівфабрикатів, отриманих зі стебел ріпаку, сої та пшеничної соломи

3.2.1 Показники якості волокнистих напівфабрикатів отримані із стебел ріпаку

На рис. 3.1 та 3.2 зображено графіки порівняння виходу та залишкового лігніну ВНФ, отриманих за концентрацій розчину NaOH 16 г/дм³, 20 г/дм³, 24 г/дм³ та за концентрації 15,0 г/дм³ в од. Na₂O з використанням антрахінону для ріпаку.



1 – ВНФ, за C = 16 г/дм³; 2 – ВНФ, за C = 20 г/дм³; 3 – ВНФ, за C = 15 г/дм³ з АХ; 4 – ВНФ, за C = 24 г/дм³

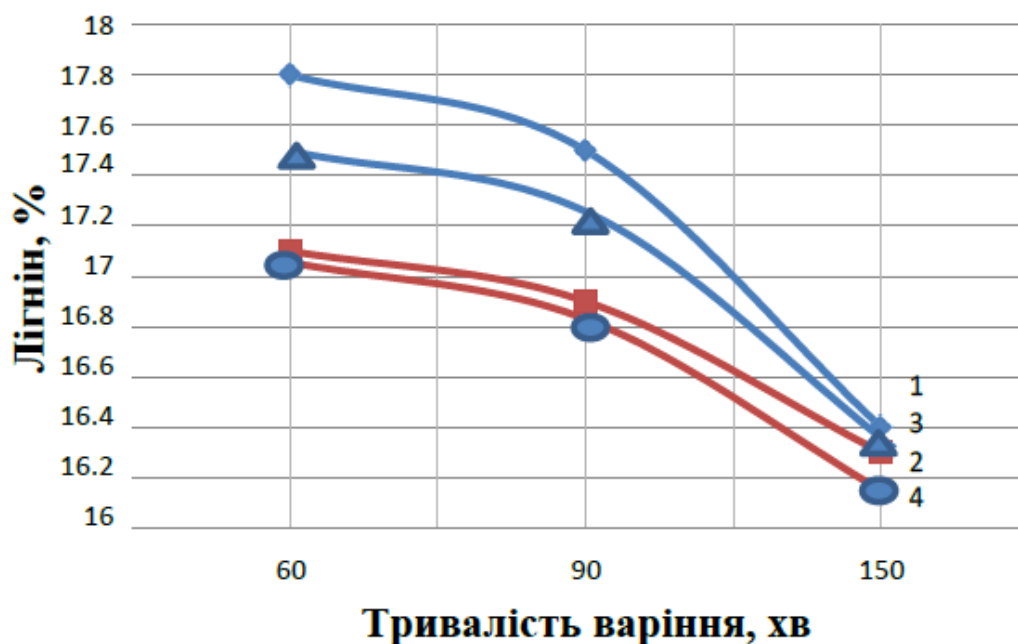
Рисунок 3.1 – Порівняння виходу у ВНФ, отриманих зі стебел ріпаку за концентрацій розчину NaOH 16, 20 та 24 г/дм³ в од. Na₂O та 15 г/дм³ в од. Na₂O з використанням антрахінону

Як видно із рис. 3.1, ВНФ отримані за концентрації розчину NaOH 24 г/дм³ мають нижчі показники виходу. Підвищення концентрації варильного розчину із 15 г/дм³ до 24 г/дм³ в од. Na₂O призводить до плавного зниження виходу за однієї тривалості приблизно на 9 – 13 % в межах від 60 до 150 хв.

Щодо підвищення тривалості варіння із 90 до 150 хв, за однакової концентрації варильного розчину, то вихід за однакових умов знижується із підвищенням концентрації NaOH у варильному розчині приблизно на 4 – 7 %.

Додавання антрахінону приблизно за однакових концентрацій із тривалості варіння від 60 до 150 хв призводить до зниження виходу майже на 2 %.

Після варіння стебел ріпаку більше 90 хв в усіх випадках спостерігається несуттєве зниження виходу і отримані значення можна вважати в межах похибки експерименту.

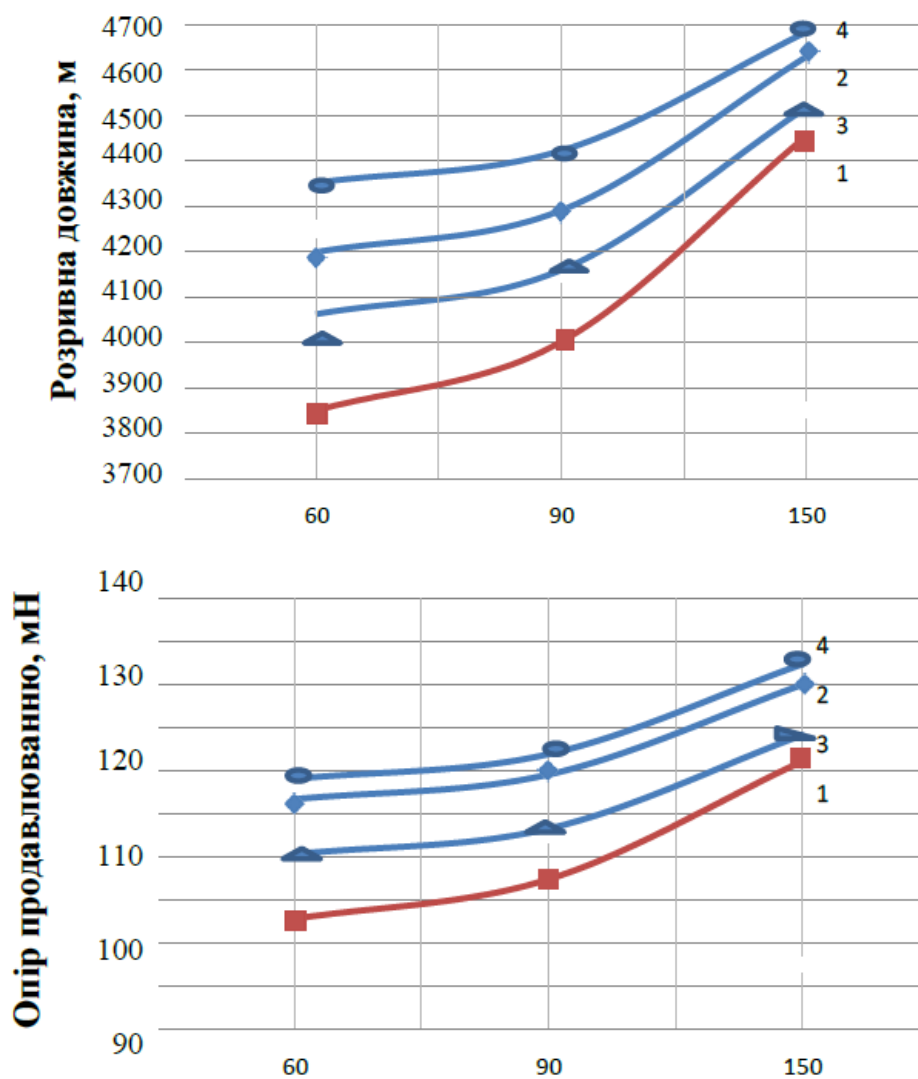


1 – ВНФ, за $C = 16$ г/дм³; 2 – ВНФ, за $C = 20$ г/дм³; 3 – ВНФ, за $C = 15$ г/дм³ з АХ; 4 – ВНФ, за $C = 24$ г/дм³

Рисунок 3.2 – Порівняння вмісту залишкового лігніну у ВНФ, отриманих зі стебел ріпаку за концентрацій розчину NaOH 16,0 г/дм³, 20,0 г/дм³ та 24 г/дм³ в од. Na₂O та 15 г/дм³ в од. Na₂O з використанням антрахінону.

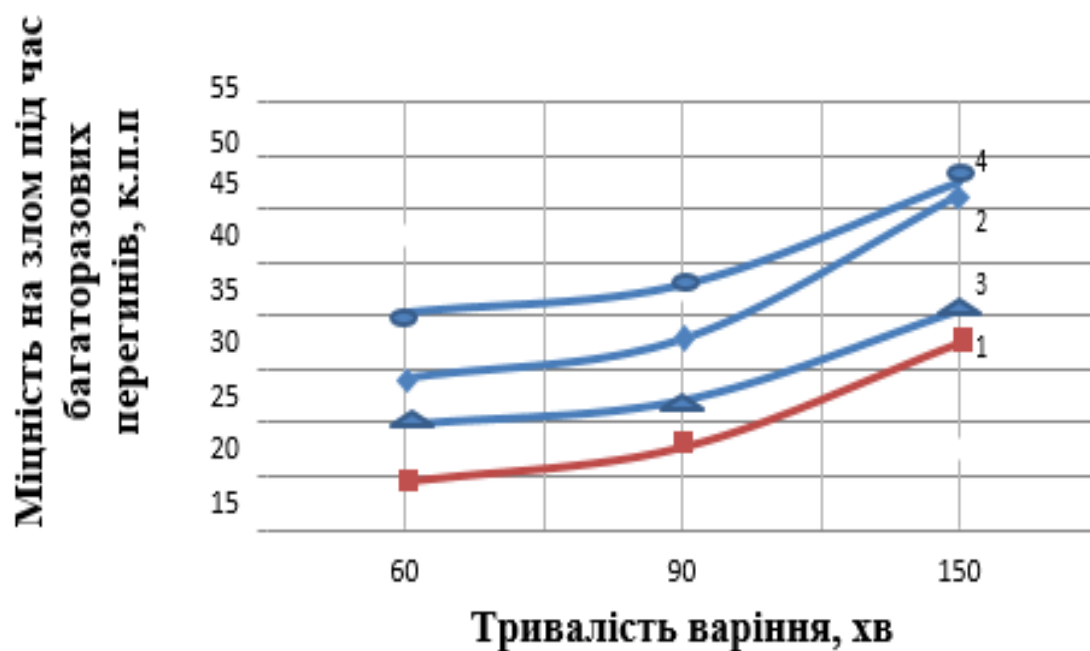
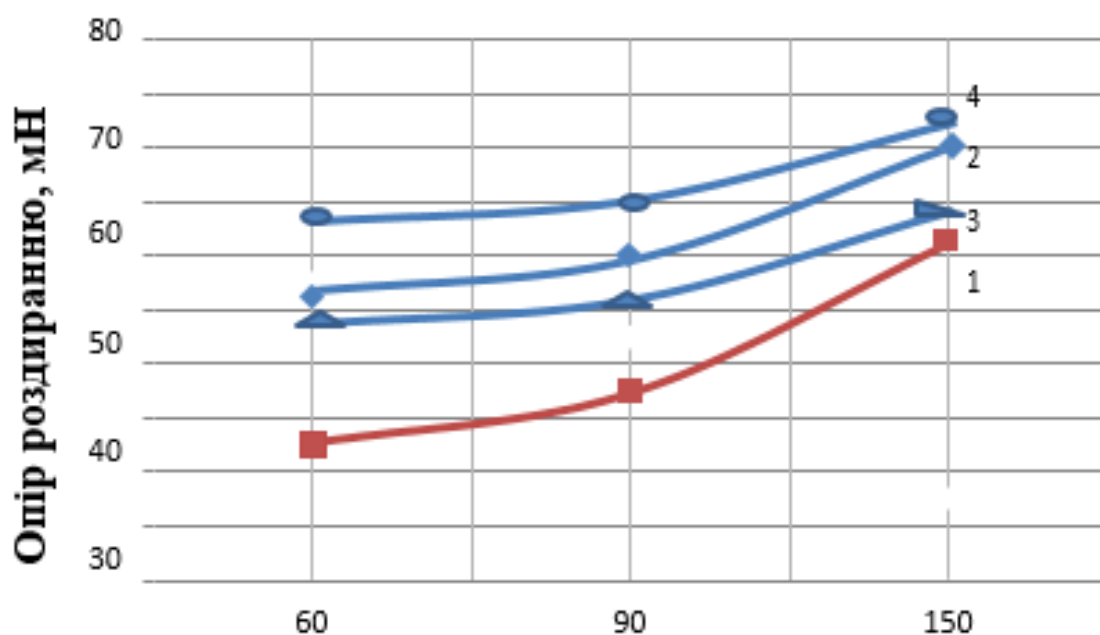
Проведення мацерації і варіння стебел ріпаку за концентрації 16 г/дм^3 в од. Na_2O із підвищенням тривалості від 60 до 90 хв впливають несуттєво (рис. 3.2). У випадку підвищення тривалості варіння до 150 хв – вміст залишкового лігніну знижується приблизно на 4 – 10 %.

Аналогічна ситуація спостерігається і за концентрації 15 г/дм^3 , 20 г/дм^3 та 24 г/дм^3 в од. Na_2O . Вміст залишкового лігніну з підвищенням тривалості варіння до 150 хв знижується в межах від 5 до 10 %.



1 – ВНФ, за $C = 16 \text{ г/дм}^3$; 2 – ВНФ, за $C = 20 \text{ г/дм}^3$; 3 – ВНФ, за $C = 15 \text{ г/дм}^3$ з АХ; 4 – ВНФ за $C=24 \text{ г/дм}^3$

Рисунок 3.3 – Порівняння розривної довжини та опору продавлювання властивостей ВНФ, отриманих із ріпаку за концентрацій розчину NaOH $16,0 \text{ г/дм}^3$, $15,0 \text{ г/дм}^3$, $20,0 \text{ г/дм}^3$, $24,0 \text{ г/дм}^3$ в од. Na_2O



1 – ВНФ, за $C = 16 \text{ г/дм}^3$; 2 – ВНФ, за $C = 20 \text{ г/дм}^3$; 3 – ВНФ, за $C = 15 \text{ г/дм}^3$ з АХ; 4 – ВНФ за $C=24 \text{ г/дм}^3$

Рисунок 3.4 – Порівняння опору роздирання та міцності на злом під час багаторазових перегинів властивостей ВНФ, отриманих із ріпаку за концентрацій розчину NaOH $16,0 \text{ г/дм}^3$, $15,0 \text{ г/дм}^3$, $20,0 \text{ г/дм}^3$, $24,0 \text{ г/дм}^3$ в од. Na_2O

З підвищенням концентрації варильного розчину з 15 до 24 г/дм³ в од. Na₂O показники міцності збільшуються в межах від 10 до 20 %.

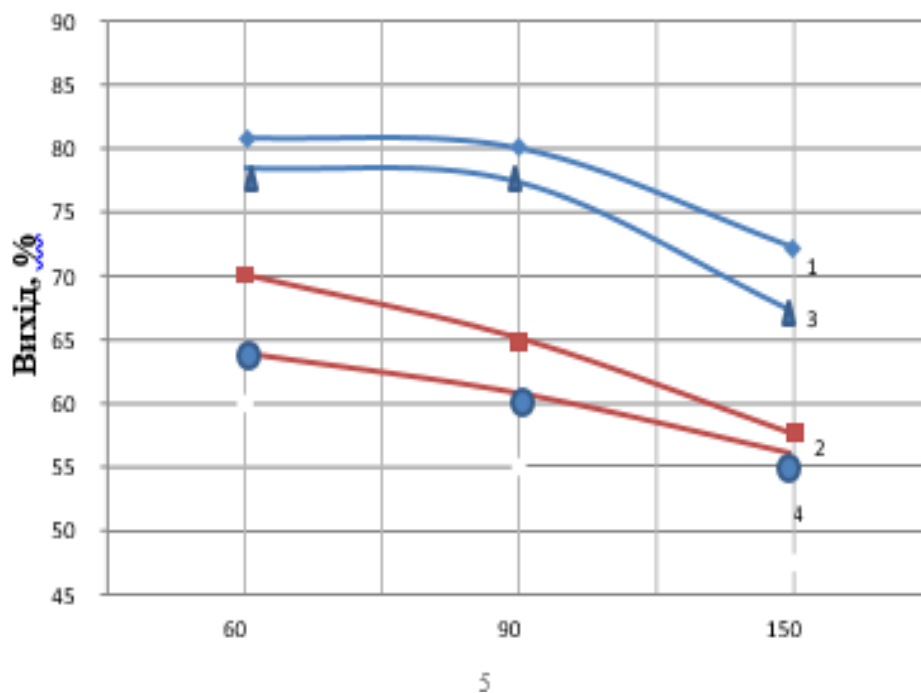
Показники розривної довжини для ВНФ отриманих зі стебел ріпаку закономірно підвищується із підвищенням тривалості варіння до 90 хв. Підвищення концентрації до 24 г/дм³ суттєво відображається на цих показниках. Для показників опору роздиранню, також спостерігається підвищення показників на 2 – 5 % зі збільшенням тривалості від 90 до 150 хв. Підвищення тривалості варіння із 60 до 90 хв на показник опір продавлюванню впливає несуттєво. У випадку підвищення тривалості варіння до 150 хв – показник опір продавлюванню збільшується на 4 – 5 %. Показник міцність на злом під час багаторазових перегинів збільшується на 8 – 10 % за тривалості варіння від 60 до 90 хв, після чого відбуваються несуттєві зміни показника.

З підвищенням концентрації варильного розчину не суттєво впливає на показники міцності, але для опору продавлювання вони дещо вищі, ніж для інших фізико-механічних показників отриманих для волокнистих напівфабрикатів із ріпаку.

Показники розривної довжини для ВНФ отриманих зі стебел ріпаку закономірно підвищується із підвищенням тривалості варіння до 90 хв. Підвищення концентрації до 24 г/дм³ несуттєво відображається на цих показниках. Для показників опору роздиранню та міцності на злом під час багаторазових перегинів, навпаки спостерігається характерне зниження із підвищенням тривалості варіння до 150 хв.

3.2.2 Показники якості волокнистих напівфабрикатів отримані із пшеничної соломи

На рис. 3.4 та 3.5 зображено графіки порівняння виходу та лігніну ВНФ, отриманих за концентрацій NaOH 16,0 г/дм³., 20,0 г/дм³ та 24,0 г/дм³ в од. Na₂O, а також 15,0 г/дм³ з використанням антрахінону для пшеничної соломи.



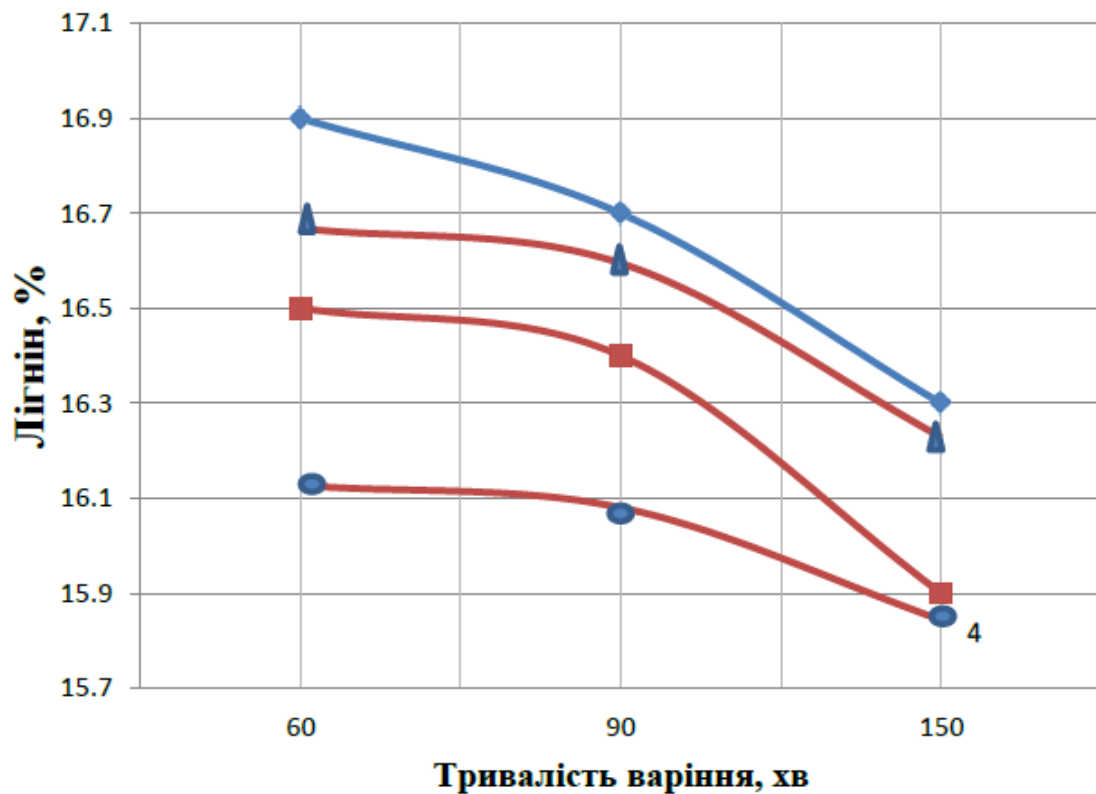
Тривалість варіння, хв

1 – ВНФ, за $C = 16 \text{ г/дм}^3$; 2 – ВНФ, за $C = 20 \text{ г/дм}^3$; 3 – ВНФ, за $C = 15 \text{ г/дм}^3$ з АХ; 4 – ВНФ, за $C = 24 \text{ г/дм}^3$

Рисунок 3.4 – Порівняння виходу ВНФ, отриманих із пшеничної соломи за концентрацій розчину NaOH $16,0 \text{ г/дм}^3$, $15,0 \text{ г/дм}^3$, $20,0 \text{ г/дм}^3$ та 24 г/дм^3 в од. Na_2O

Як видно із рис. 3.4 вихід ВНФ, отриманих за концентрації розчину NaOH 16 г/дм^3 відрізняються від отриманих ВНФ за концентрації 20 г/дм^3 приблизно на 5–10 %, причому показник нижчий для ВНФ, отриманих за концентрації розчину NaOH 20 г/дм^3 . Дана закономірність пояснюється переведенням у розчин більшої кількості продуктів розпаду вуглеводної частини, після глибшої делігніфікації.

Виходячи з рис. 3.5, можна зробити висновок про те, що вміст лігніну у ВНФ отриманих за концентрації розчину NaOH 16 г/дм^3 нижчий ніж за 24 г/дм^3 , причому різниця є рівномірною за кожної тривалості варіння – 2 %.



1 – ВНФ, за $C = 16 \text{ г/дм}^3$; 2 – ВНФ, за $C = 20 \text{ г/дм}^3$; 3 – ВНФ, за $C = 15 \text{ г/дм}^3$ з АХ; 4 – ВНФ, за $C = 24 \text{ г/дм}^3$

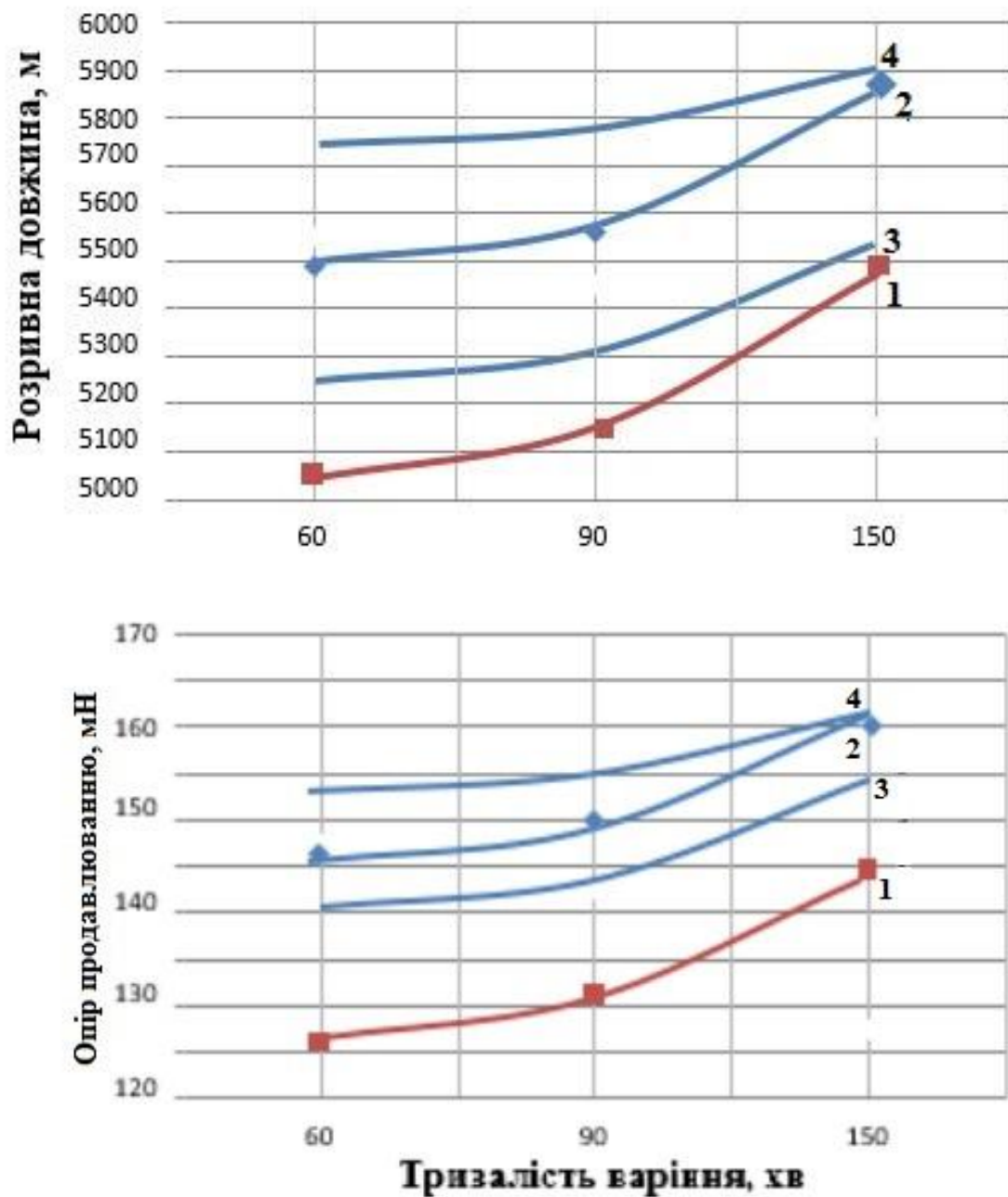
Рисунок 3.5 – Порівняння вмісту лігніну у ВНФ, отриманих із пшеничної соломи за концентрацій розчину NaOH $15,0 \text{ г/дм}^3$, $16,0 \text{ г/дм}^3$, $20,0 \text{ г/дм}^3$ та $24,0 \text{ г/дм}^3$ в од. Na_2O

Виходячи з рис. 3.5, можна зробити висновок про те, що вміст лігніну у ВНФ отриманих за концентрації розчину NaOH 20 г/дм^3 нижчий ніж за 16 г/дм^3 , причому різниця є рівномірною за кожної тривалості варіння – 2 %.

Показники розривної довжини для ВНФ отриманих зі стебел ріпаку закономірно підвищуються із підвищенням тривалості варіння до 90 хв.

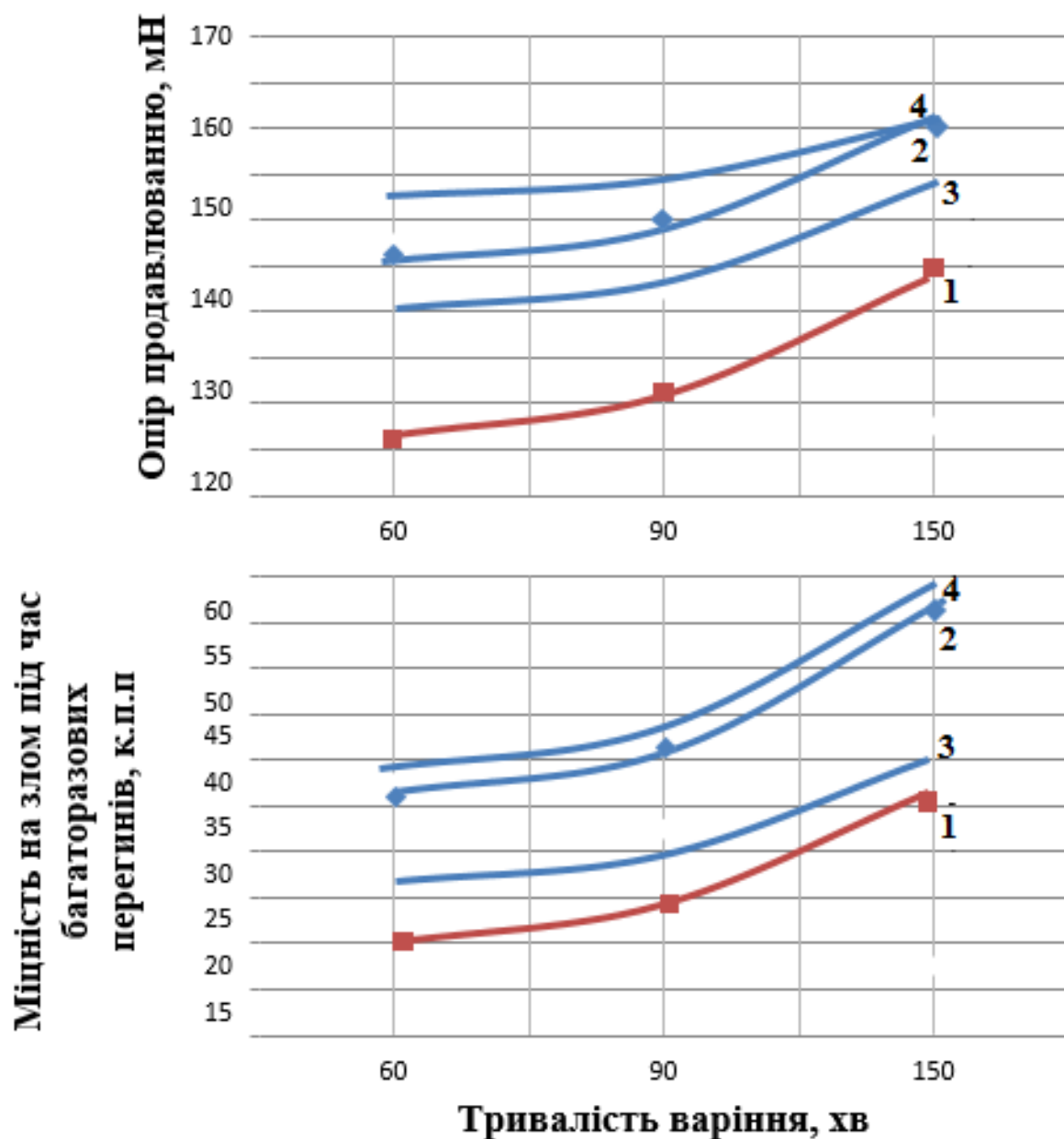
Збільшення концентрації розчину до 20 г/дм^3 суттєво відображається на цих показниках. Для показників опору роздиранню, також спостерігається підвищення показників на 2 – 5 % зі збільшенням тривалості від 90 до 150 хв. У випадку підвищення тривалості варіння до 150 хв – показник опір продавлювання збільшується на 4 – 5 %. Показник міцність на злом під час багаторазових

перегинів збільшується на 8 – 10 % за тривалості варіння від 60 до 90 хв, після чого відбуваються несуттєві зміни показника.



1 – ВНФ, за $C = 16 \text{ г/дм}^3$; 2 – ВНФ, за $C = 20 \text{ г/дм}^3$; 3 – ВНФ, за $C = 15 \text{ г/дм}^3$ з АХ; 4 – ВНФ за $C = 24 \text{ г/дм}^3$

Рисунок 3.6 – Порівняння розривної довжини та опору продавлювання властивостей ВНФ, отриманих із соломи за концентрацій розчину NaOH 16,0 г/дм³, 15,0 г/дм³, 20,0 г/дм³, 24,0 г/дм³ в од. Na₂O

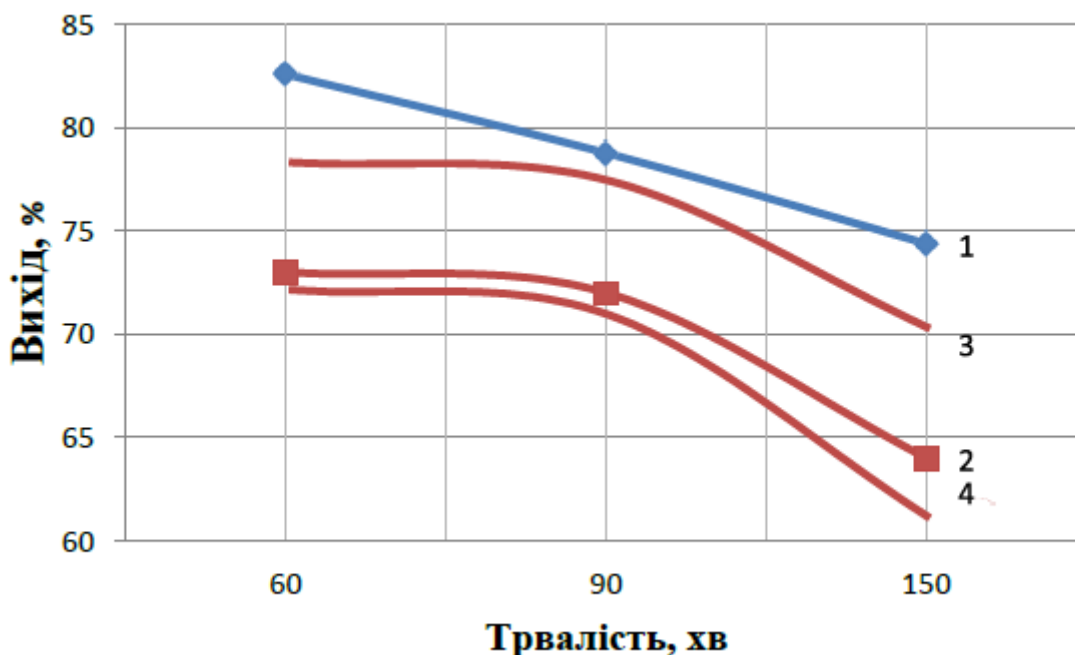


1 – ВНФ, за $C = 16 \text{ г/дм}^3$; 2 – ВНФ, за $C = 20 \text{ г/дм}^3$; 3 – ВНФ, за $C = 15 \text{ г/дм}^3$ з АХ; 4 – ВНФ за $C=24 \text{ г/дм}^3$

Рисунок 3.7 – Порівняння опору роздирання та міцності на злом під час багаторазових перегинів властивостей ВНФ, отриманих із соломи за концентрацій розчину NaOH $16,0 \text{ г/дм}^3$, $15,0 \text{ г/дм}^3$, $20,0 \text{ г/дм}^3$, $24,0 \text{ г/дм}^3$ в од. Na_2O

3.2.3 Показники якості волокнистих напівфабрикатів отримані для стебел сої

На рис. 3.8 та 3.9 зображено графіки порівняння виходу та лігніну ВНФ отриманих за концентрацій 16 та 20, 24 г/дм³ в од. Na₂O та 15 г/дм³ в од. Na₂O з використанням антрахінону для стебел сої.

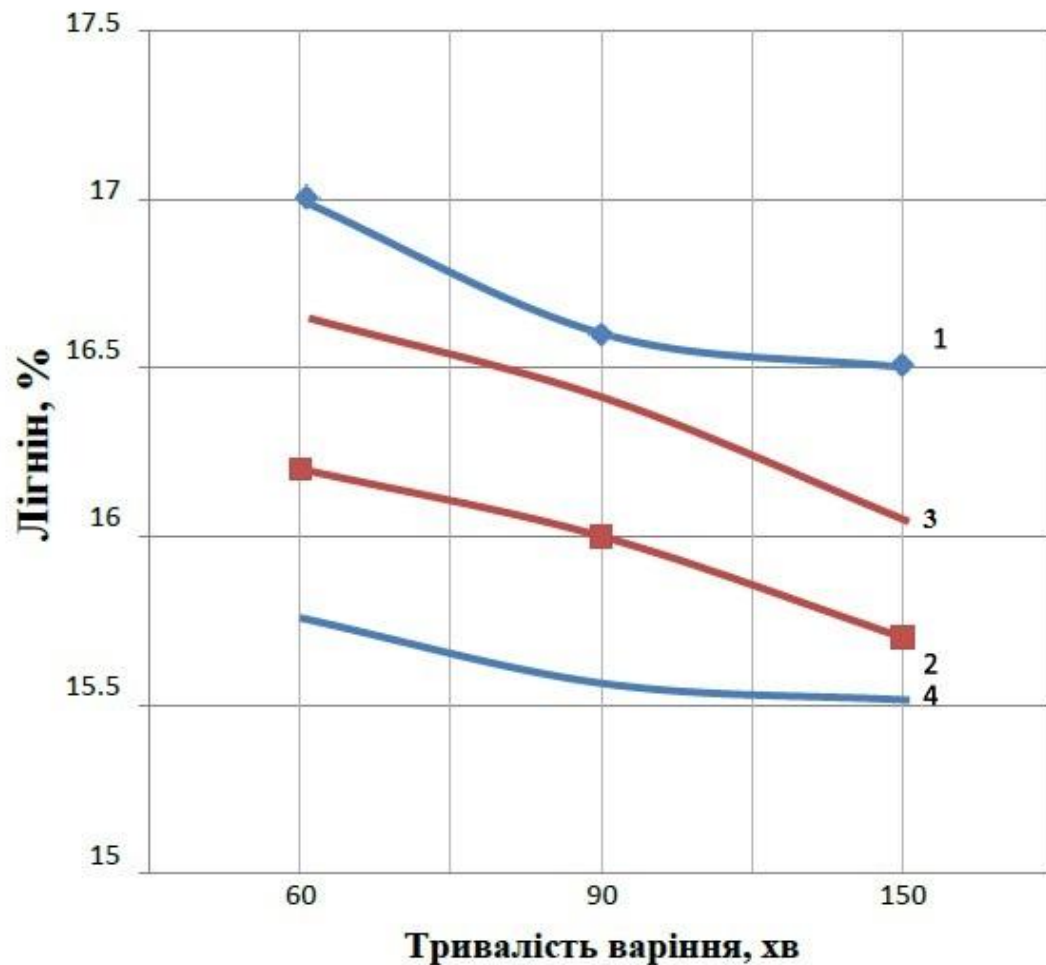


1 – ВНФ, за $C = 16$ г/дм³; 2 – ВНФ, за $C = 20$ г/дм³; 3 – ВНФ, за $C = 15$ г/дм³ з АХ; 4 – ВНФ, за $C = 24$ г/дм³

Рисунок 3.8 – Порівняння виходу ВНФ, отриманих із стебел сої за концентрацій розчину NaOH 15 г/дм³, 16 г/дм³, 20 г/дм³ та 24 г/дм³ в од. Na₂O.

Як видно із рис. 3.8, вихід ВНФ за концентрацій розчину NaOH 16 г/дм³ та 20 г/дм³ практично не відрізняється та знаходиться в межах похибки експерименту.

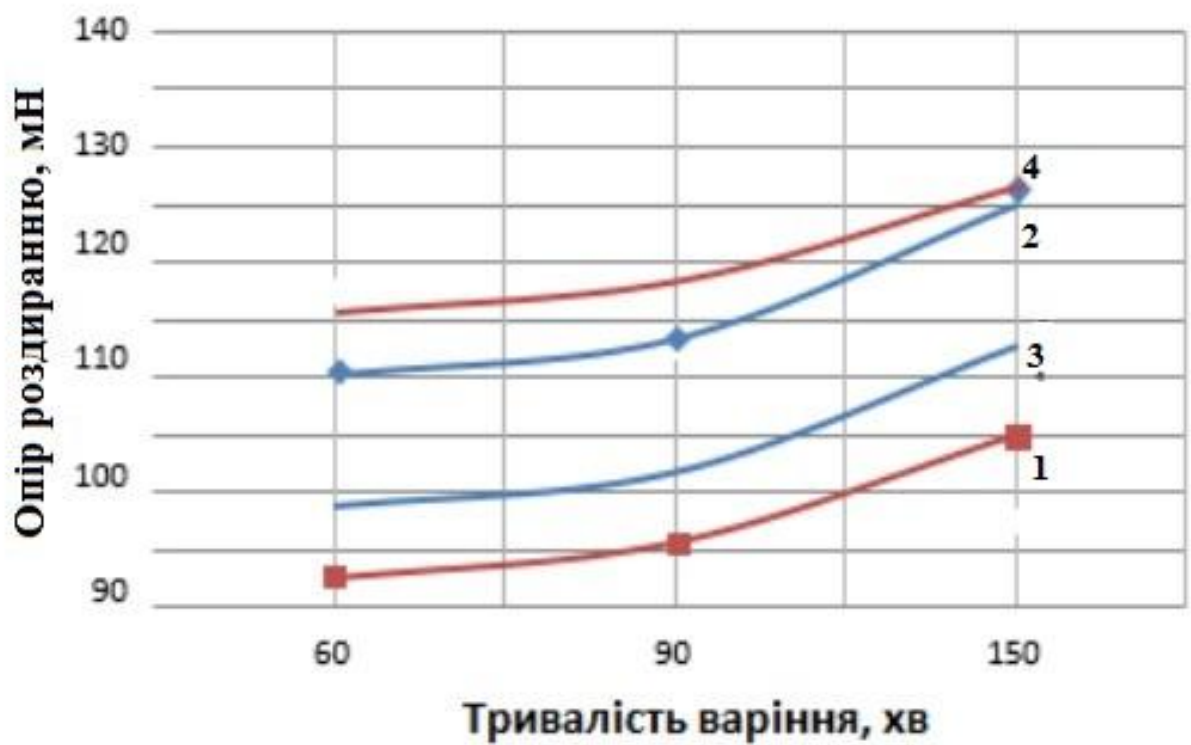
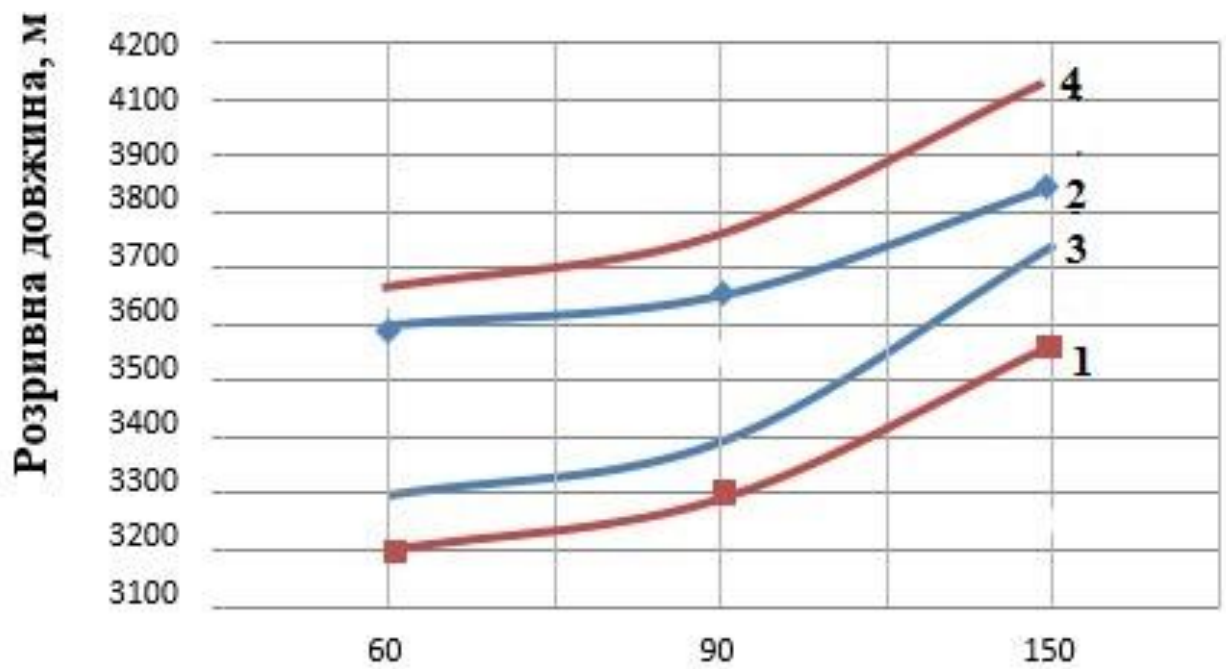
З підвищенням тривалості варіння вихід ВНФ за концентрації 20 г/дм³ суттєво зменшується і знаходиться в межах 8 – 10 %.



1 – ВНФ, за $C = 16 \text{ г/дм}^3$; 2 – ВНФ, за $C = 20 \text{ г/дм}^3$; 3 – ВНФ, за $C = 15 \text{ г/дм}^3$ з АХ; 4 – ВНФ, за $C = 24 \text{ г/дм}^3$

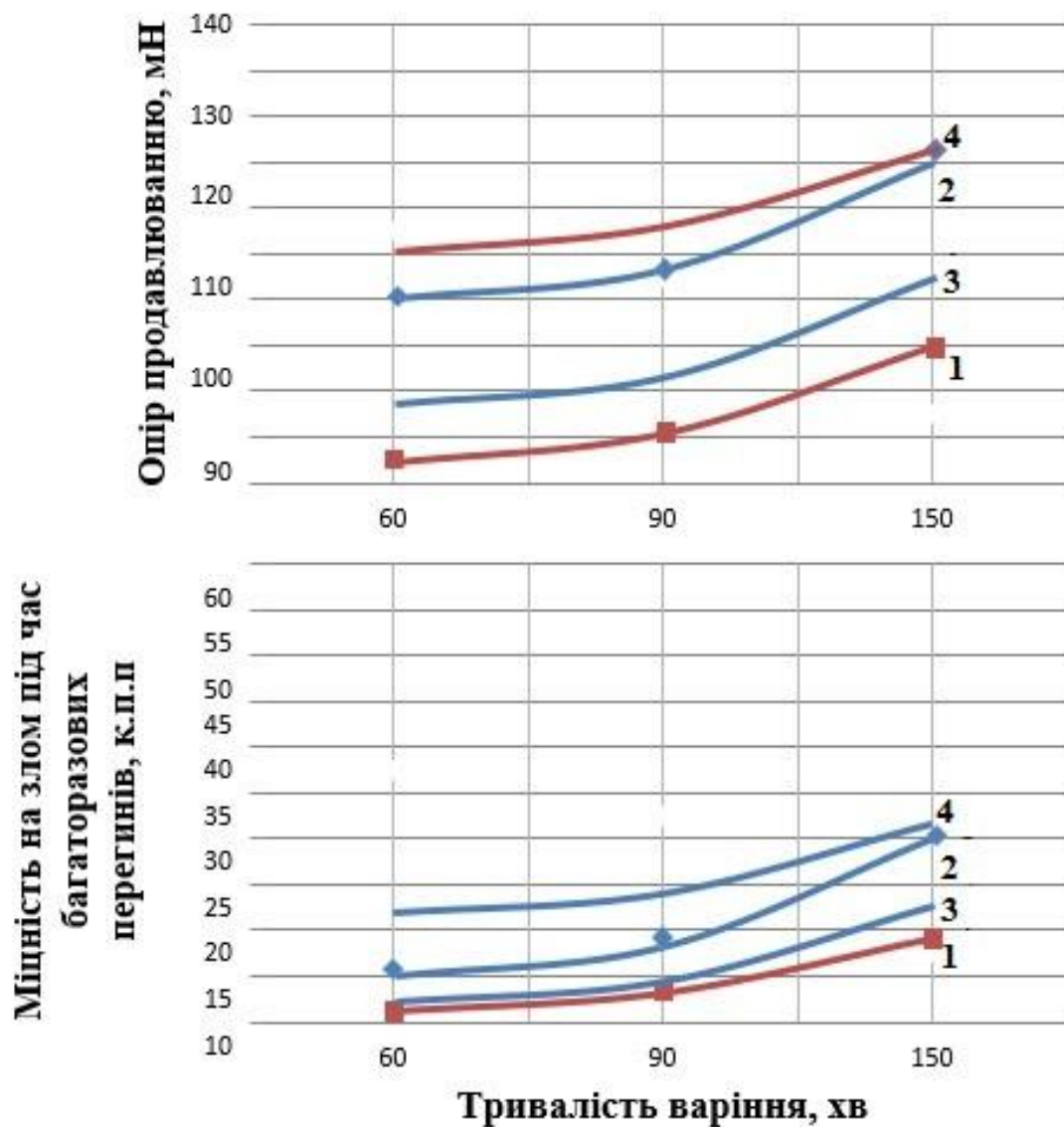
Рисунок 3.9 – Порівняння вмісту лігніну у ВНФ, отриманих із стебел сої за концентрацій розчину NaOH 15 г/дм^3 , 16 г/дм^3 , 20 г/дм^3 та 24 г/дм^3 в од. Na_2O

На рис. 3.9 показано, що вміст лігніну у ВНФ отриманих за концентрації розчину NaOH 20 г/дм^3 нижчий ніж за концентрації 16 г/дм^3 , причому за тривалості варіння 90 хв значення майже не відрізняються, тому для даного виду сировини така тривала обробка є недоцільною.



1 – ВНФ, за $C = 16 \text{ г/дм}^3$; 2 – ВНФ, за $C = 20 \text{ г/дм}^3$; 3 – ВНФ, за $C = 15 \text{ г/дм}^3$ з АХ; 4 – ВНФ за $C = 24 \text{ г/дм}^3$

Рисунок 3.10 – Порівняння розривної довжини та опору продавлювання властивостей ВНФ, отриманих із стебел сої за концентрацій розчину NaOH $16,0 \text{ г/дм}^3$, $15,0 \text{ г/дм}^3$, $20,0 \text{ г/дм}^3$, $24,0 \text{ г/дм}^3$ в од. Na_2O



1 – ВНФ, за $C = 16 \text{ г/дм}^3$; 2 – ВНФ, за $C = 20 \text{ г/дм}^3$; 3 – ВНФ, за $C = 15 \text{ г/дм}^3$ з АХ; 4 – ВНФ, за $C = 24 \text{ г/дм}^3$

Рисунок 3.11 – Порівняння опору роздирання та міцності на злом під час багаторазових перегинів властивостей ВНФ, отриманих із сої за концентрацій розчину NaOH $16,0 \text{ г/дм}^3$, $15,0 \text{ г/дм}^3$, $20,0 \text{ г/дм}^3$, $24,0 \text{ г/дм}^3$ в од. Na_2O

З підвищенням концентрації варильного розчину з 15 до 24 г/дм^3 в од. Na_2O показники міцності збільшуються в межах від 5 до 12 %.

Показники розривної довжини для ВНФ отриманих зі стебел ріпаку закономірно підвищується із підвищенням тривалості варіння до 150 хв. Підвищення концентрації до 24 г/дм^3 суттєво відображається на цих показниках. Для показників опору роздиранню, також спостерігається підвищення показників на 5 – 7 % зі збільшенням тривалості від 90 до 150 хв. Підвищення тривалості варіння із 60 до 90 хв на показник опір продавлюванню впливає несуттєво. У випадку підвищення тривалості варіння до 150 хв – показник опору продавлюванню збільшується на 4 – 5 %.

Із покращенням делігніфікації волокнистих фізико-механічні характеристики ВНФ із стебел сої закономірно збільшуються. Зі збільшенням температури варіння від 80 до 120°C показники розривної довжини та опору роздиранню підвищуються на 6 – 8 %, показники опору продавлюванню – на 10 %. Додавання антрахінону у варильний розчин покращує показники розривної довжини та опору роздиранню отриманих ВНФ із стебел сої та ріпаку на 5 – 9 %, показники опору продавлюванню – на 15 %.

Виходячи з отриманих даних можна зробити висновок, що зі зниженням витрат активного лугу з 20 % до 16 % в од. Na_2O отримано волокнисті напівфабрикати у вигляді напівцелюлози з достатньо високими показниками міцності.

Як видно із рис., збільшення температури варіння покращує всі показники отриманих ВНФ зі стебел ріпаку та сої. Використання антрахінону у варильному розчині дає підвищення показників у порівнянні з показниками без використання каталізатору, що пояснюється з однієї сторони каталітичною дією антрахінону на лігнін, а з другої – стабілізацією вуглеводної частини сировини.

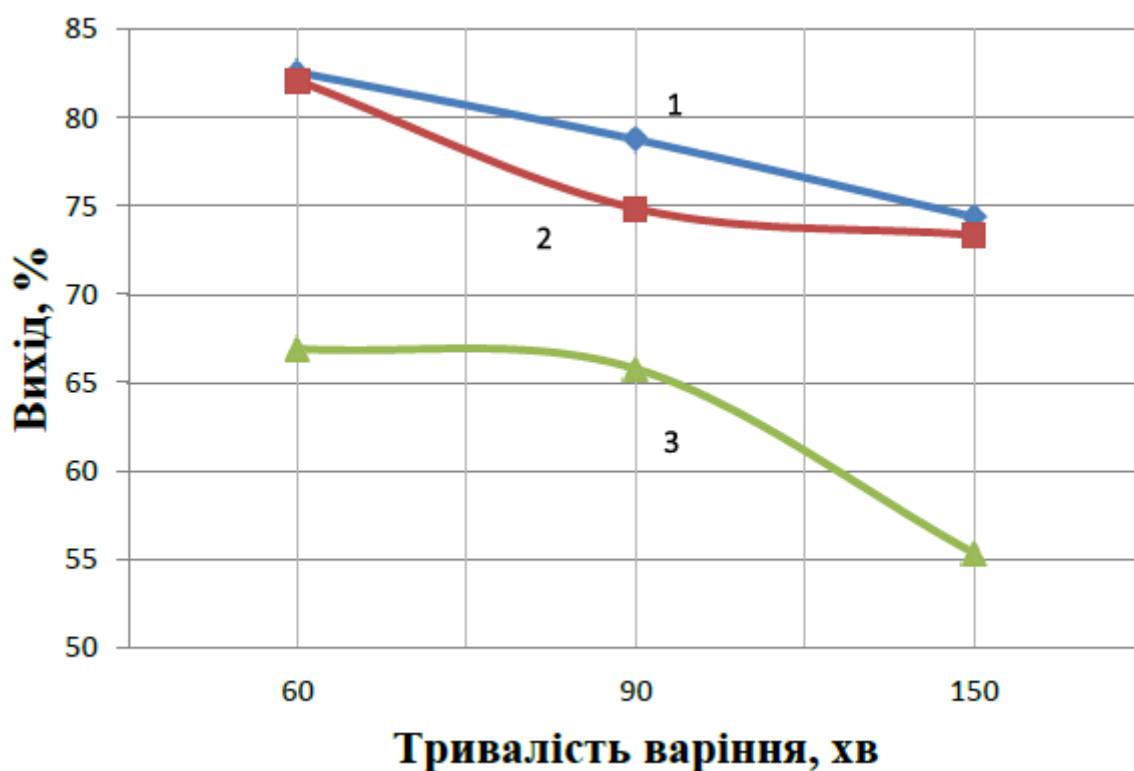
Проведення наукових досліджень з розробки технології одержання ВНФ із стебел сої та ріпаку, виготовлення паперу різного призначення є актуальною науково-технічною задачею..

3.3 Порівняння якості волокнистих напівфабрикатів, отриманих з різних видів не деревної рослинної сировини

Різні види однорічних рослин після проведення мацерації та подальшого варіння за атмосферного тиску по різному піддавалися делігніфікації з отриманням волокнистих напівфабрикатів у вигляді, як целюлози високого виходу, так і напівцелюлози.

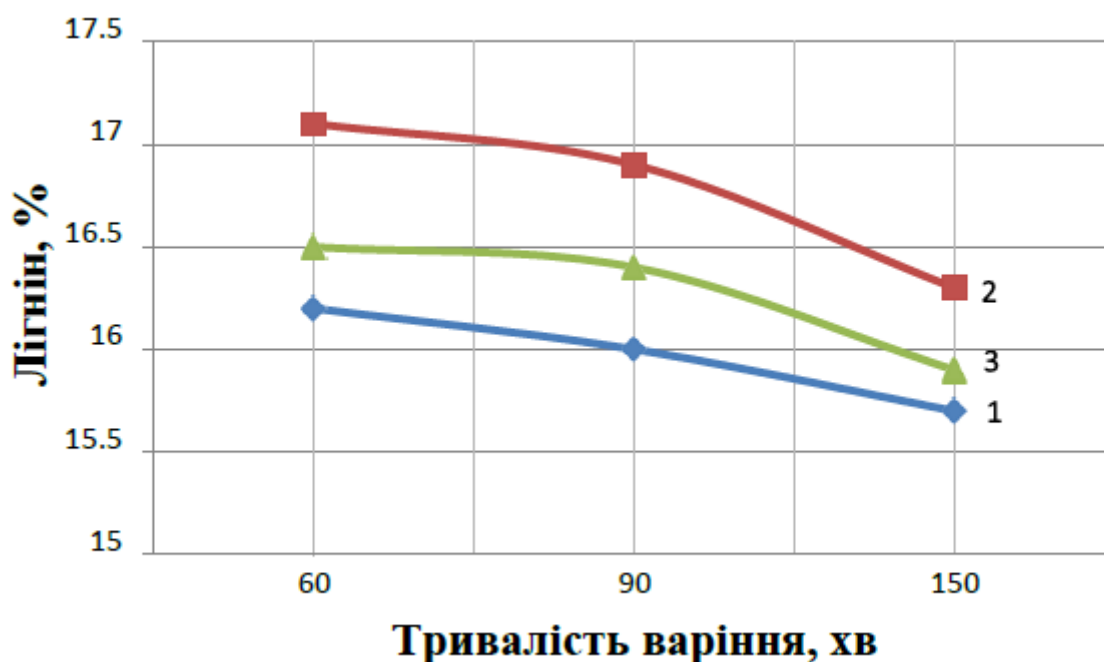
На рис. 3.12 та 3.13 зображено графіки порівняння виходу та лігніну для ВНФ отриманих за концентрації розчину NaOH 16 г/дм³.

Спостерігається зниження виходу всіх ВНФ у випадку використання мацерації перед варінням, таку закономірність можна пояснити розчиненням екстрактивних та мінеральних речовин, розчиненням низькомолекулярної фракції вуглеводної частини під час проведення процесу мацерації.



1 – волокнистий напівфабрикат з стебел сої; 2 – волокнистий напівфабрикат з стебел ріпаку; 3 – волокнистий напівфабрикат з пшеничної соломи

Рисунок 3.12 – Вихід ВНФ отриманих за концентрації розчину NaOH 16 г/дм³



1 – волокнистий напівфабрикат з стебел сої; 2 – волокнистий напівфабрикат з стебел ріпаку; 3 – волокнистий напівфабрикат з пшеничної соломи

Рисунок 3.13 – Вміст лігніну у ВНФ отриманих за концентрації розчину NaOH 16 г/дм³

Як видно із рис. 3.13 в стеблах сої не спостерігається суттєвого процесу делігніфікації. Дещо краще відбувається зниження залишкового лігніну у ВНФ, отриманих із стебел ріпаку та соломи.

3.4 Аналіз щолоків

В ході роботи було проаналізовано вихідний варильний розчин та відпрацьовані щолоки на вміст активного лугу. Отримані дані наведено в табл. 3.3.

Як видно із даних табл. 3.3, використання натронного розчину для проведення мацерації з вищим вмістом активного лугу, а саме 24 г/дм³ в од. Na₂O, призводить до більших витрат активного лугу, можливо, навіть, на побічні реакції.

Виходячи із отриманих даних, можна зробити висновок про достатність проведення процесу мацерації за низьких концентрацій NaOH, наприклад 16 г/дм³, оскільки залишковий вміст активного лугу складає від 12 до 65 %.

Таблиця 3.3 – Вміст активного лугу у вихідному варильному розчині та відпрацьованих щолоках

Вид сировини	Концентрація вих. розчину, г/дм ³ в од. Na ₂ O	Залишковий активний луг, після мацерації г/дм ³ в од. Na ₂ O	Залишковий активний луг, після варіння г/дм ³ в од. Na ₂ O	Витрати активного лугу на варіння, %
	За концентрації NaOH 8 г/дм ³ в од. Na ₂ O Мацерація – 30 хв. + Варіння – 60 хв.			
Стебла Ріпаку	8,0	1,1	0,3	13,7
Пшенична Солома		1,9	1,1	23,7
Стебла сої		1,5	0,9	18,7
	За концентрації NaOH 15 г/дм ³ в од. Na ₂ O з Антрахіноном Мацерація – 30 хв. + Варіння – 60 хв.			
Стебла ріпаку	15,0	6,9	6,1	46,0
Стебла соломи		7,6	6,5	50,1
Стебла сой		9,2	5,6	57,5
	За концентрації NaOH 16 г/дм ³ в од. Na ₂ O Мацерація – 30 хв. + Варіння – 60 хв.			
Стебла Ріпаку	16,0	7,1	5,9	44,3
Пшенична Солома		7,6	6,8	47,5
Стебла сої		8,9	5,3	55,6
	За концентрації NaOH 20 г/дм ³ в од. Na ₂ O Мацерація – 30 хв. + Варіння – 60 хв.			
Стебла Ріпаку	20,0	12,4	6,4	62,0
Пшенична Солома		13,3	7,5	66,5
Стебла сої		15,9	5,5	79,5
	За концентрації NaOH 24 г/дм ³ в од. Na ₂ O Мацерація – 30 хв. + Варіння – 60 хв.			
Стебла Ріпаку	24,0	12,4	6,3	73,0
Пшенична Солома		13,9	7,5	69

Стебла сої		15,6	6,5	81
------------	--	------	-----	----

Таблиця 3.4 – Характеристика відпрацьованих щолоків після мацерації та варіння

Вид сировини	Об'єм відпрацьованого щолоку після мацерації, мм	рН відпрацьованого щолоку після мацерації	Об'єм відпрацьованого щолоку після варіння, мм	рН відпрацьованого щолоку після варіння
За концентрації NaOH 8 г/дм ³ в од. Na ₂ O Мацерація – 30 хв. + Варіння – 60 хв.				
Стебла ріпаку	220	11,41	50	10,4
Стебла соломи	215	11,21	55	8,9
Стебла сої	200	11,62	60	10,17
За концентрації NaOH 15 г/дм ³ в од. Na ₂ O з Антрахіноном Мацерація – 30 хв. + Варіння – 60 хв.				
Стебла ріпаку	165	12,09	97	11,3
Стебла соломи	163	11,56	92	10,65
Стебла сої	146	12,11	83	11,13
За концентрації NaOH 16 г/дм ³ в од. Na ₂ O Мацерація – 30 хв. + Варіння – 60 хв.				
Стебла ріпаку	145	12,23	80	11,6
Стебла соломи	160	11,77	94	10,84
Стебла сої	156	12,34	87	11,45
За концентрації NaOH 20 г/дм ³ в од. Na ₂ O Мацерація – 30 хв. + Варіння – 60 хв.				
Стебла ріпаку	175	12,47	70	11,79
Стебла соломи	145	12,41	90	12,12
Стебла сої	140	12,30	70	12,15
За концентрації NaOH 24 г/дм ³ в од. Na ₂ O Мацерація – 30 хв. + Варіння – 60 хв.				
Стебла ріпаку	134	13,77	65	12,49

Стебла соломи	111	13,21	89	12,52
Стебла сої	125	12,90	66	12,35

З аналізу даних табл. 3.3, за однакових умов варіння, але з підвищенням концентрації активного лугу у варильному розчині з 15 г/дм^3 до 24 г/дм^3 в од. Na_2O витрати активного лугу на хімічні реакції підвищуються. Для стебел ріпаку на 44 % , пшеничної соломи на 37 % , стебел сої на 18 %. Таку закономірність частково можна пояснити втратами активного лугу на побічні реакції. Така думка підтверджується і отриманими показниками міцності – із збільшенням концентрації варильного розчину на 5 г/дм^3 збільшення показників міцності на декілька відсотків за одних і тих же умов варіння.

Таким чином можна зробити висновок, дослідження відпрацьованих розчинів після мацерації та варіння стебел ріпаку та сої, пшеничної соломи показує, що в кінці варіння залишається від 26 – 60% активного лугу від загальної кількості.

3.5 Отримання зразків паперу для гофрування

Для виготовлення лабораторних зразків паперу для гофрування використовували 100 % ВНФ, отримані із стебел ріпаку, сої та пшеничної соломи. У лабораторних умовах виготовлено папір для гофрування масою 112 г/м^2 . В якості сировини для отримання зразків паперу для гофрування використано ВНФ із стебел сої. Фізико – механічні показники отриманих зразків паперу для гофрування наведено в табл. Б.1 та зображено графічно на рис. 3.14.

Отримані результати лабораторних зразків паперу для гофрування порівнювали із показниками паперу для гофрування (ДСТУ 7798:2015).

В результаті дослідження було отримано дані з опору торцевого стисненню, опору площинного стисненню та абсолютного опору продавлюванню. Для композиції в якій використовується напівцелюлоза із соломи із найвищими показниками міцності. Дещо нижчі значення отримано для композиції в якій використовується напівцелюлоза із ріпаку та сої.

За абсолютним опором продавлюванню та опором торцевого стиснення було досягнуто, відповідних марок Б-1, Б-2 та Б-3. Однак за показниками опору

площинного стиснення для всіх ВНФ, які використовувалися у композиції не досягнуто необхідного рівня.

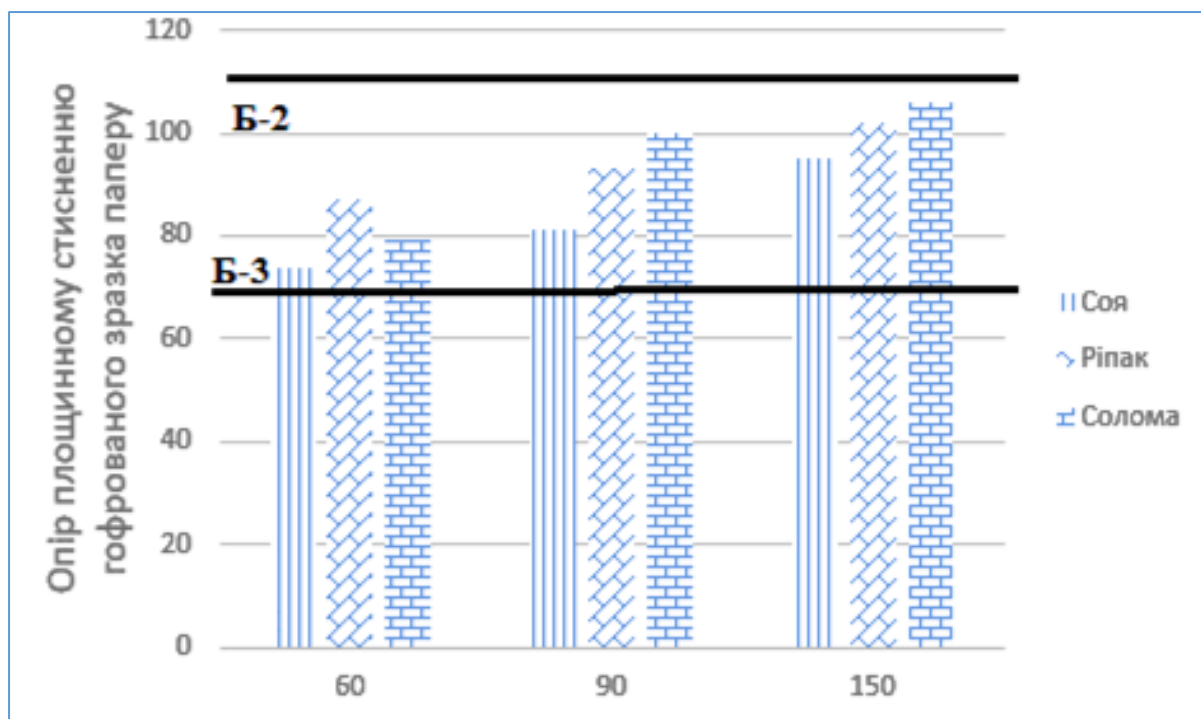


Рисунок 3.14 – Залежність опору площинному стисненню паперу для гофрування, отриманого з ВНФ за $C=16 \text{ г/дм}^3$ в од. Na_2O

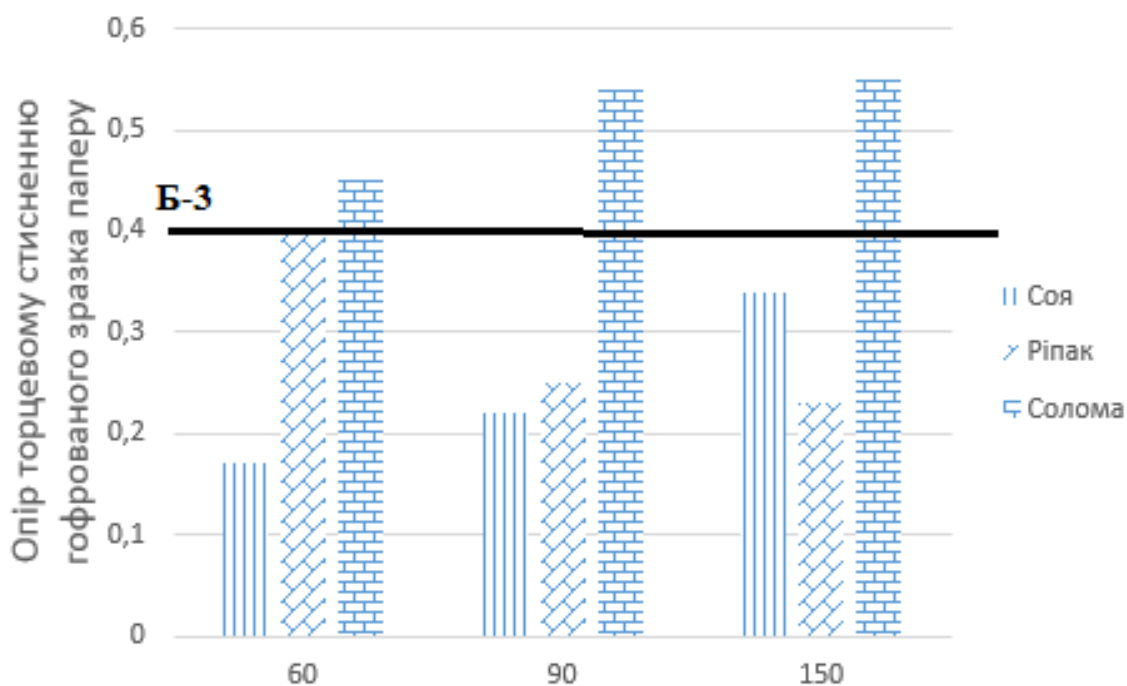


Рисунок 3.15 – Залежність опору торцевому стисненню паперу для гофрування, отриманого з ВНФ за $C=16 \text{ г/дм}^3$ в од. Na_2O

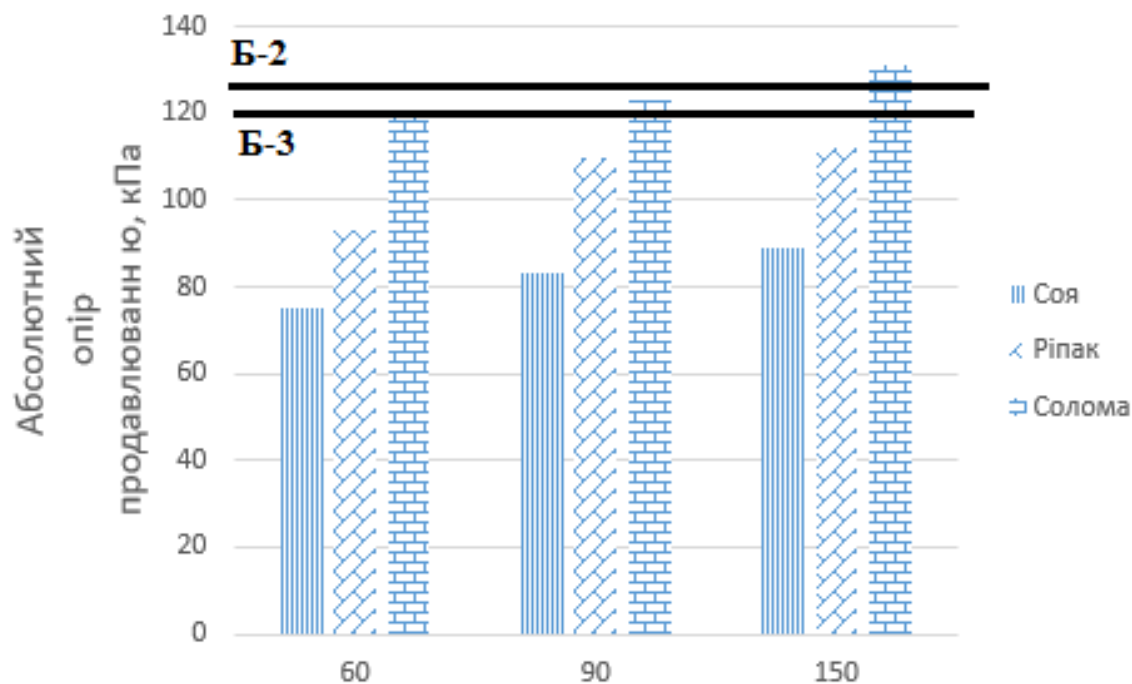


Рисунок 3.16 – Залежність абсолютного опору продавлюванню паперу для гофрування, отриманого з ВНФ за $C=16 \text{ г/дм}^3$ в од. Na_2O

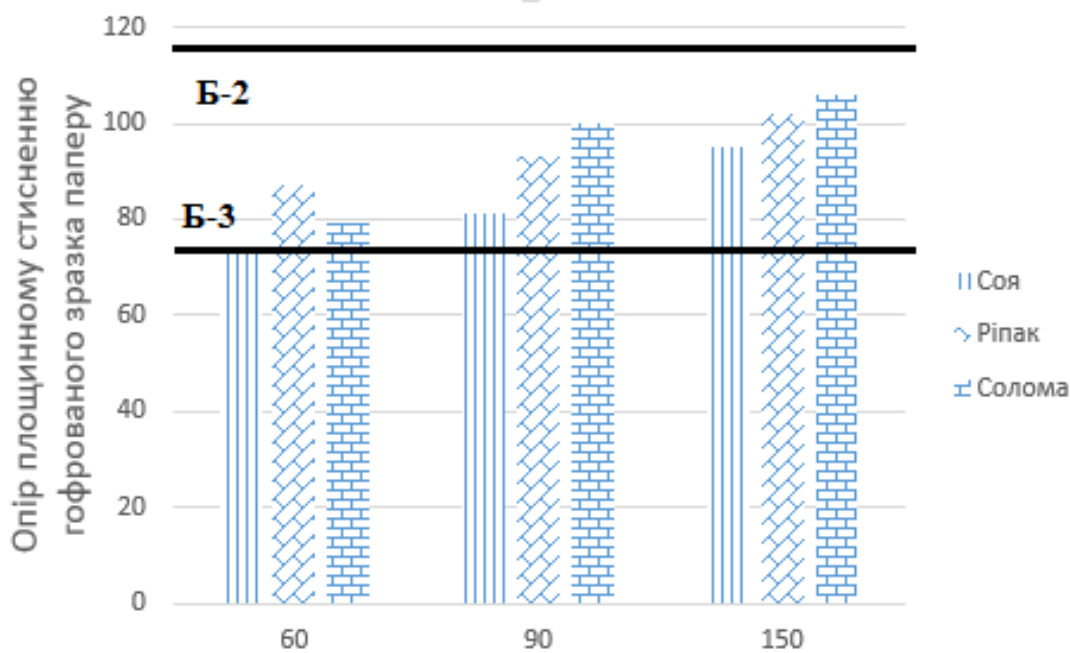


Рисунок 3.17 – Залежність опору площинному стисненню паперу для гофрування, отриманого з ВНФ за $C=24 \text{ г/дм}^3$ в од. Na_2O

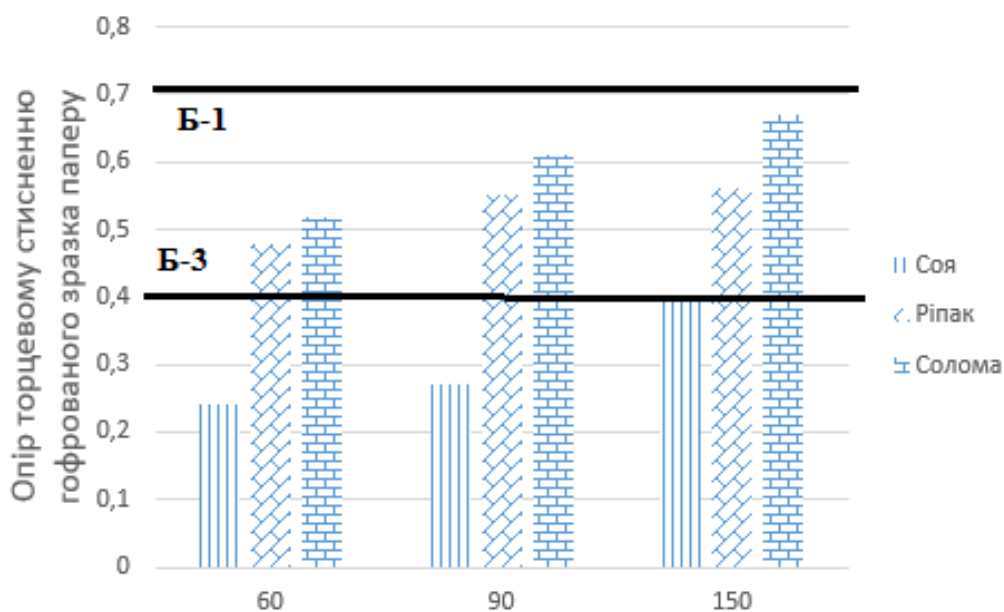


Рисунок 3.18 – Залежність опору торцевому стисненню паперу для гофрування, отриманого з ВНФ за $C=24$ г/дм³ в од. Na₂O

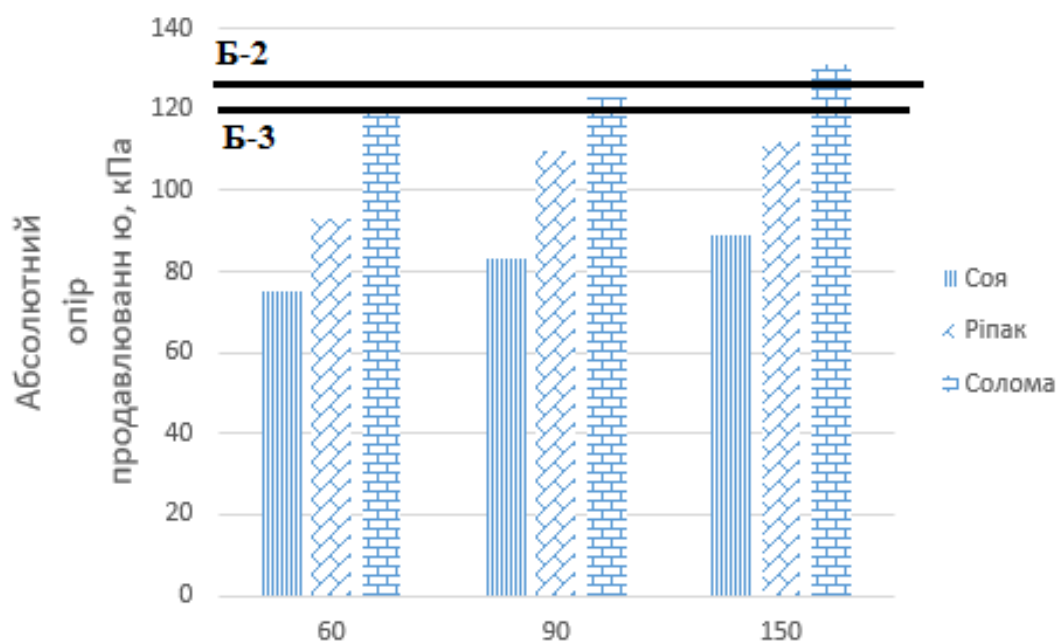


Рисунок 3.19 – Залежність абсолютного опору продавлюванню паперу для гофрування, отриманого з ВНФ за $C=24$ г/дм³ в од. Na₂O

В результаті дослідження було отримано дані з опору торцевого стиснення, опору площинного стиснення та абсолютного опору продавлюванню. Для зразка паперу в якому використовуються ВНФ із соломи показники міцності є найвищими. Дещо нижчі значення отримано для зразка, в якому

використовуються ВНФ із стебел ріпаку та сої. Виготовлені нами зразки паперу із ВНФ стебел ріпаку, сої та соломи порівнювались із стандартом на папір для гофрування. За абсолютним опором продавлюванню, опором площинного стиснення та опором торцевого стиснення було досягнуто значень марки Б–3 із ВНФ, отриманих із стебел ріпаку і соломи. Також за опором площинного стиснення було досягнуто значень марки Б–2 для всіх використаних ВНФ. Однак за показником опору торцевого стиснення для ВНФ, отриманих із стебел сої не було досягнуто значень для жодної марки.

4. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Моделювання впливу факторів на процес мацерації та варіння целюлози та досягнення оптимальних значень її фізико-математичних показників.

Метою досліджень даного етапу є розроблення математичних залежностей, що можуть слугувати основою пошуку співвідношення факторів, а саме: температури, витрати активного лугу на варіння, а також використання каталізатора, які б забезпечували необхідне співвідношення між виходом целюлози і вмістом лігніну в целюлозі та показниками якості отриманого продукту.

Вирішення задач такого класу має необхідність базуватися на використанні можливостей методу математичного моделювання в поєднанні із сучасним рівнем розвитку для засобів обчислювальної технології.

4.1 Вибір факторів та визначення інтервалів їх варіювання

Проведені в лабораторних умовах попередні дослідження дають можливість визначитися з необхідними факторами та інтервалами їх варіювання.

В табл. 4.1 наведені фактори, які за результатами попередніх досліджень, необхідно включити до матриці експерименту.

Таблиця 4.1 – Найменування факторів та діапазони їх значень

Діапазон варіювання факторів	X1	X2	X3
	Температура варіння, °C	Витрата активного лугу, в од. Na ₂ O	Наявність каталізатора, (0\1)
Нижній	80	16	0
Верхній	120	15	1

4.2 Вибір параметрів оптимізації

В якості параметрів оптимізації вибрано такі показники:

- вихід целюлози, %, (Y_1);
- вміст залишкового лігніну, %, (Y_2);

Фізико-механічні показники відливків:

- опір продавлюванню, кПа, (Y_3);
- розривна довжина, м, (Y_4);
- опір роздиранню, мН, (Y_5).

4.3 Розроблення матриці експериментальних досліджень

В табл. 4.2 наведено матрицю експериментальних даних варіння недеревної рослинної сировини, а саме: сої.

В процесі розроблення даної матриці експерименту враховувалося, що проведення експериментальних досліджень повинно відбуватися в достатньо великому діапазоні зміни вхідних факторів. Це надає можливості на етапі експериментальних досліджень одержати максимум кількість інформації про досліджувані властивості отриманого продукту та використати в подальшому її при створенні відповідних математичних залежностей.

В процесі створення матриці експерименту враховувалося, що проведення експериментальних досліджень повинно відбуватися в достатньо широкому діапазоні зміненні вхідних факторів. Це надає експериментатору можливості на етапі експериментальних досліджень одержати більше інформації про досліджувані властивості даного продукту та використати в подальшому її при створенні відповідних математичних залежностей. В процесі створення матриці експерименту враховувалося, що проведення експериментальних досліджень повинно відбуватися в достатньо широкому діапазоні зміни вхідних факторів. залежностей.

Це надає експериментатору можливості на етапі експериментальних досліджень одержати необхідну кількість інформації про досліджувані властивості отриманого продукту та використати в наступному її при створенні необхідних математичних залежностей.

Таблиця 4.2 – Матриця експериментальних досліджень

Варіант	Фактор			Параметри оптимізації				
				Вихід, %	Вміст залишкового лігніту, %	Опір продавлюванню, кПа	Розри довж	Опір роздиранню, м
	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
1	80	15	0	81,2	18,5	1953	282	82
2	80	15	1	80,5	18,7	2101	295	92
3	100	15	0	80,9	18,1	2274	308	97
4	100	15	1	79,1	17,5	2398	319	98
5	120	15	0	73,4	17,1	2511	331	101
6	120	15	1	71,9	15,7	2604	342	105
7	80	16	0	80,1	17,5	2001	301	88
8	80	16	1	78,6	17,7	2089	309	99
9	100	16	0	76,5	17,1	2380	308	104
10	100	16	1	74,1	17,0	2511	333	109
11	120	16	0	71,2	16,5	2503	359	111
12	120	16	1	70	15,3	2699	378	115
13	80	24	0	79,6	17,5	2245	345	86
14	80	24	1	78,1	17,4	2278	351	90
15	100	24	0	76	16,9	2401	378	99
16	100	24	1	73,5	16,4	2499	387	101
17	120	24	0	73,2	15,4	2546	390	101
18	120	24	1	69,1	15,1	2766	403	112

4.4 Розроблення адекватних математичних моделей варіння, що досліджуються

Якщо результати даних експериментальних досліджень, що наведені в табл. 4.2 являють собою інформаційний (цифровий) макет об'єкта, який можна дослідити, то математичні моделі (описи) – це закодована (стисла) інформація про вплив, який мають вхідні фактори на показники виходу та міцності отриманого продукту.

Математична модель, у відповідності із своїм призначенням, повинна з максимальним ступенем істини відображати механізми процесів, що відбуваються. Саме тому розроблення та подальше дослідження математичних моделей – це цілеспрямоване використання необхідної інформації з метою надання можливостей експериментатору прослідити та вивчити закономірності змінювання досліджуваних властивостей отриманого матеріалу в залежності від значень, які будуть надані вхідним факторам.

На данному етапі пропонується використання методології синтезу математичних моделей, розробка якої була проведена в 90-і роки минулого століття Інститутом Кібернетики ім. Глушкова УРСР. Як показала практика використання цієї методології, найбільш ефективним для розроблення математичних моделей є використання данного методу групового урахування аргументів (МГУА) [22].

Особливістю та перевагами даної методології є те, що функція розробки виду математичної моделі, яка адекватно описує даний процес (явище), а також визначення її складності, передається комп'ютеру, що використовує для цієї мети спеціально розроблене математичне забезпечення. У розпорядження комп'ютеру надається набір елементарних залежностей (функцій) і необхідна роль зводиться до того, щоб визначити вид залежності та складність цієї залежності, яка адекватно описує явище у всій області досліджуваного факторного простору. Завдання експериментатора на даному етапі зводиться до розумного обмеження складності математичної моделі.

У відповідності з масивом експериментальних даних (див. табл. 4.2) в магістерській роботі створені математичні описи за показниками $Y_1 - Y_5$.

а) математична модель за показником виходу целюлози, %

У відповідності з масивом експериментальних даних (див. табл. 3.4) в магістерській роботі створені математичні описи за показниками $Y_1 - Y_5$.

а) математична модель за показниками виходу целюлози, %

Математична модель за показником виходу має такий вигляд:

$$Y_1 = 95,25 - 3,25 \cdot 10^{-3} \cdot X_1 \cdot X_{22} + 1,64 \cdot 10^{-4} \cdot X_1 \cdot X_{23} - 1,20 \cdot 10^{-4} \cdot X_1 \cdot X_{22} - 4,03 \cdot 10^{-9} \cdot X_{14} \quad (3.1)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 3,80 %.

б) математична модель за показником вмісту залишкового лігніну, %

Математична модель за показником вмісту залишкового лігніну має такий вигляд:

$$Y_2 = 21,71 - 3,62 \cdot 10^{-3} \cdot X_1 \cdot X_2 - 4,67 \cdot 10^{-7} \cdot X_{13} \cdot X_3 + 1,48 \cdot 10^{-4} \cdot \lg(X_2) - 7,64 \cdot 10^{-5} \cdot \lg(X_1) \cdot \lg(X_2) - 1,92 \cdot 10^{-9} \cdot X_{14} \quad (3.2)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 4,19 %.

в) математична модель за показником опору продавлюванню, кПа

Математична модель за показником виходу має такий вигляд:

$$Y_3 = 27,12 + 1,6 \cdot 10^{-1} \cdot X_1 \cdot X_{22} - 8,52 \cdot 10^{-4} \cdot X_1 \cdot X_{23} + 7,83 \cdot X_3 - 7,81 \cdot 10^{-7} \cdot X_{13} \cdot X_2 - 2,40 \cdot 10^{-4} \cdot X_{12} \cdot X_3 \quad (3.3)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 3,53 %.

г) математична модель за показником розривна довжина, м

Математична модель за показником виходу має такий вигляд:

$$Y_4 = 1225,14 + 1,07 \cdot 10^1 \cdot X_1 + 2,62 \cdot 10^1 \cdot \lg(X_2) + 9,52 \cdot X_2 \cdot X_3 - 1,57 \cdot \lg^2(X_2) - 7,02 \cdot 10^{-2} \cdot X_1 \cdot \lg(X_1) \quad (3.4)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 4,23 %.

д) математична модель за показником опору роздиранню, мН

Математична модель за показником виходу має такий вигляд:

$$Y_5 = 161,80 + 6,40 \cdot 10^{-1} \cdot X_2^2 + 5,50 \cdot 10^{-3} \cdot X_1^2 + 1,07 \cdot 10^1 \cdot X_3 + 1,77 \cdot 10^{-2} \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (3.5)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 3,57 %.

4.5 Дослідження впливу факторів на вихідні показники на базі створених математичних моделей

На цьому етапі магістерської роботи вивчаються зміни характеристик об'єкта (в нашому випадку ВНФ) на базі створених математичних моделей.

Мета його – визначення впливу як окремих факторів, так і ефектів їх взаємодії на дані параметри оптимізації, які характеризують явище, у тих точках факторного простору, де не були реалізовані експериментальні дослідження. Даний рівень розвитку комп'ютерної технології дозволяє виконати цей етап магістерської роботи досить швидко та одержання інформацію в всіх точках, які цікавлять дослідника.

Аналіз результатів, підтверджується експериментальними даними. Як висновок, із підвищенням витрат активного лугу від 12 до 15 % закономірно зменшується вихід волокнистого напівфабрикату від 80 до 54 % та покращуються його фізико-механічні показники. Залежність виходу від витрати активного лугу показує достатній вплив каталізатора на вихід. За майже однакового виходу залежність вмісту залишкового лігніну від витрати активного лугу показує, що вміст лігніну за використання каталізатора антрахінону значно нижчий, ніж за варіння без каталізатора антрахінону.

Результати моделювання показують, що витрата активного лугу та тривалість варіння закономірно зменшують вихід та вміст лігніну у ВНФ і покращує його показники міцності. Також результати моделювання показали переваги використання антрахінону, оскільки за однакового виходу значно зменшує вміст лігніну. Оскільки метою магістерської роботи є отримання ВНФ для виготовлення паперу для гофрування, тому було отримано оптимальне

співвідношення технологічних факторів за яких можна одержати ВНФ. Такими технологічними параметрами є: температура, витрати активного лугу, тривалість та додавання каталізатору.

5 СТАРТАП ПРОЕКТ

В основу стартап проекту закладено результати магістерської дисертації, на основі яких був запроваджено патент на корисну модель (Спосіб отримання напівфабрикатів - Патент України № МПК 51 D 21 C 3/02).

Опис ідеї стартапу

Зміст ідеї полягає у вдосконаленні та впровадженні на виробництві способу обробки рослинної сировини з отриманням ВНФ, що включає введення у варильний апарат січки та варильного розчину з подальшим варінням сировини за необхідних режимів. Варіння стебел ріпаку, пшеничної соломи та сої проводять за температури 80 °С, протягом 60, 90 та 150 хвилин, витратами активного лугу 18 г/дм³ в од. Na₂O від маси абс. сух. сировини, варильним розчином, що містить гідроксид натрію, каталізатор антрахінон та наступним розмелюванням волокнистої маси.

Отриманий ВНФ із однорічних сировини може бути використаний для виробництва пакувальних видів паперу та картону або паперу для гофрування.

Провівши оброблення літературних даних щодо значень техніко-економічних показників для ідеї запропонованого проекту та товарів-замінників, що вже існують на ринку, було проведено аналіз сильних, слабких та нейтральних сторін (табл. 5.1).

З отриманих даних можна стверджувати, що запропонований стартап проект є конкурентоздатним. Сильні позиції проекту вказують на його можливість забезпечення необхідних темпів обороту капіталу [31].

Таблиця 5.1 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	ПАН-МАЛІЙ О	ЖИДАЧІВСЬК ЦЕЛЮЗНИ - ПАНЕРОВИТ КОМБІНАТ ПА-а	КИЇВСЬКИЙ КАРТОННО-ПАПЕРОВИЙ КОМБІНАТ ТОВ			
1.	Абсолютний опір продавлюванню, кПа	220	160	205	150			+
2.	Опір торцевому стисненню, кН/м	0,7	2,1	1,4	2,0		+	
3.	Опір площинному стисненню, Н	150	210	190	235		+	

Аналіз ринкових можливостей запуску стартапу

Головною загрозою для розвитку стартаппроєкту є те, що на ринку, на який ми претендуємо, наявність багатьох конкурентів з доступними цінами. Проте, у разі збільшення національної економіки або ж подальше погіршення екологічної ситуації з недревною сировиною, розвиток унікального проекту є достатньо реальним.

Аналіз пропозиції: визначено загальні хар-ки конкуренції на ринку (табл. 5.2) Більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі проведемо за моделлю 5 сил М. Портера [32].

На основі аналізу конкуренції із урахуванням характеристик ідеї проекту, вимог споживачів до товару та факторів маркетингового середовища визначемо та обґрунтуємо перелік факторів конкурентоспроможності (табл. 5.2)

Таблиця 5.2 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції: чиста	Відсутність монополії на ринку, мобільність ресурсів	Можливість співпраці з підприємствами, продукти яких є заміниками нашого шляхом поєднання продуктів
2. За рівнем конкурентної боротьби: національний	На етапі розвитку стартап-проект претендує лише на український ринок	Пропонування продукту національним виробникам
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/	Запропонований продукт може використовуватись у харчовій, хімічній та ін. промисловостях	Ефективність і одночасна простота матеріалу дозволяє його використовувати у декількох галузях одночасно ЦПП, хімічної промисловості
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова	Можливі декілька шляхів задоволення бажань клієнтів	Виготовлення паперу або пакувальних виробів
5. За характером конкурентних переваг як цінова, так і нецінова	Ціна продукту дешевша конкурентної, продукт є екологічним	Низька собівартість продукції. Виготовлення продукту з природних матеріалів
6. За інтенсивністю марочна	Проект знаходиться на стадії впровадження та виявлення власної марки	На ринку існують певні марки

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 5.3) проведемо аналіз сильних та слабких сторін стартапу (табл. 5.4)

Таблиця 5.3 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Іноваційний характер продукту	Продукт є новим та прогресивний
2.	Специфічні технології виробництва	Продукт виробляється традиційним папероробним способом, що дозволяє виключити необхідність в побудові нових потужностей
3.	Наявність сировинних ресурсів	Продукт виготовлений на основі стебел соломи, ріпаку та сої + хімікатів, які є недорого вартісними та розповсюдженими на ринку
4.	Якість розробки з точки зору оптимальності показників надійності	Спосіб обробки має високу продуктивність
5.	Ступінь задоволення додаткових потреб споживача	Продукт виготовлений з рослинних матеріалів, що робить його екологічно безпечно та дешевшим ніж аналоги

Таблиця 5.4 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін п

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Іноваційний характер продукту	13		+			+		
2	Специфічні технології виробництва	9			+				
3	Наявність сировинних ресурсів	17							
4	Якість розробки з точки зору оптимальності показників надійності	8	+		+				
5	Ступінь задоволення додаткових потреб споживача	17	+						+

Аналіз зовнішнього середовища

Для оцінки зовнішнього середовища використаємо PEST-аналіз (табл. 5.5). PEST аналіз - простий і зручний метод для аналізу макросередовища (зовнішнього середовища) підприємства. Методика PEST аналізу часто використовується для оцінки ключових ринкових тенденцій галузі, а результати PEST аналізу можна використовувати для визначення списку загроз і можливостей при складанні SWOT аналізу компанії [33].

Таблиця 5.5 - PEST-аналіз зовнішнього середовища підприємства непрямого впливу

№ п/п	Фактори	Значущість (вага) j -ої групи факторів у впливі на діяльність підприємства (a_j)	Значущість (вага) i -го фактору у відповідній групі факторів (a_i)	Експертна оцінка (k_i) впливу фактору на галузь (від негат. (-5) до позит. (+5))	Інтегральна оцінка впливу фактору (групи факторів) (k_i – бали) („+“ або „-“)	Частка фактичного значення інтегрального показника впливу окремого фактору (g_i) (групи факторів (R_j)) у його максимальній оцінці, %
1	2		3	4	5	
1	Політико-правові фактори:					
1.1	Недосконалість та змінюваність законодавства	0,3	0,2	-3	-0,18	48,2
1.2	Жорстка та непрозора податкова політика		0,3	-5	-0,45	45,5
1.3	Відсутність контролю за дотриманням антимонопольного законодавства		0,2	-4	-0,24	47,6
1.4	Гальмування економічних реформ		0,1	-3	-0,09	49,1
1.5	Недосконалість процедури сертифікації товарів та послуг		0,2	4	0,24	52,4
	Разом		1	-	-0,72	42,8

Продовження таблиці 5.5

2	Економічні фактори:					
2.1	Зростання обороту роздрібно́ї торгівлі	0,3	0,15	-4	-0,18	48,2
2.2	Збільшення виробництва споживчих товарів		0,15	4	0,18	51,8
2.3	Зростання грошових доходів населення		0,2	5	0,3	53
2.4	Зростання номінальної середньомісячної заробітної плати		0,2	4	0,24	52,4
2.5	Інфляційні процеси		0,3	-5	-0,45	45,5
Разом			1	-	0,09	50,9
3	Соціальнодемографічні фактори:					
3.1.	Несистематичні виплати заробітної плати	0,2	0,3	-3	-0,18	48,2
3.2	Невідповідність прожиткового мінімуму рівню мінімальної заробітної плати		0,2	-2	-0,08	49,2
3.3	Високий рівень безробіття		0,3	-4	-0,24	47,6
3.4	Зменшення чисельності населення України		0,2	-4	-0,16	48,4
Разом			1	-	-0,66	43,4
4	Техніко-технологічні фактори:					
4.1	Зростання кількості освоєних нових видів продукції	0,2	0,2	5	0,17	51,6
4.2	Застосування сучасних технологій організації товароруху		0,6	5	0,6	54
4.3	Впровадження різних форм організації торгівлі		0,2	4	0,16	51,3

Аналіз внутрішнього середовища

Вивчення внутрішнього середовища здійснюється в межах SWOT-аналізу в частині SW, тобто передбачає виявлення сильних і слабких сторін підприємства. SNW - це аббревіатура трьох англійських слів, що означають сторони: S - Strength - сильну, N - Neautral - нейтральну, W - Weakness – слабку. При SNW-підході все, що стосується SW-підходу, зберігається, але при цьому ще додається особлива нейтральна, тобто N-позиція. Як нейтральну позицію зазвичай розглядають середньо-ринковий стан для даної конкретної ситуації. Отже, SNW-підхід - це раціональний розвиток SW/SWOT-підходу.

Практичним застосуванням SNW-аналізу є табл. 5.6

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів.

Традиційний метод SWOT — аналізу дозволяє провести детальне вивчення зовнішнього й внутрішнього середовища. Результатом раціонального SWOT — аналізу, спрямованого на формування узагальненого інформаційного потенціалу, повинні з'явитися ефективні рішення, що стосуються відповідної реакції (впливу) суб'єкта (слабкої, середньої й сильної) відповідно до сигналу (слабким, середньому або сильним) зовнішнього середовища [34].

Відмінна риса розглянутого підходу до проведення SWOT — аналізу на підприємстві полягає в наступному:

1. Його побудова базується на методології системно-цільового підходу.
2. Проведено структурування факторів зовнішнього й внутрішнього середовища, що є універсальною для будь-якого підприємства.
3. Здійснюючи синтез факторів зовнішнього й внутрішнього середовища, що далі в перспективі відображається у систему рішень.

Таблиця 5.6 - SNW-аналіз внутрішнього середовища стартапу

Сфера	Стратегічна позиція (фактори)	Значущість (вага) j-ої групи факторів у впливі на діяльність підприємства (a_j)	Питома вага (a_i) i-го фактору в відповідному блоці з n факторів	Експертна оцінка впливу фактору (від негат. (-5) до позит. (+5)) на галузь	Інтегральна оцінка відповідного блоку (k_i – бали) („+” або „-”)	Частка фактичного значення інтегрального показника впливу окремого фактору (r_i) (групи факторів (R_j)) у його максимальній оцінці, %
Кадри	- управлінський персонал	0,4	0,2	0	0	50
	- моральні цінності колективус		0,015	0	0	50
	- кваліфікація та досвід роботи співробітників		0,1	0	0	50
	- кадрова політика		0,15	0	0	50
	- плинність кадрів		0,2	0	0	50
	- продуктивність праці		0,2	0	0	50
	- контроль прийому робочої сили		0,035	0	0	50
	- виплати працівникам порівняно з конкурентами та середніми по галузі		0,05	0	0	50
	- застосування додаткових механізмів мотивації праці		0,05	0	0	50
Разом			1	-	0	50

Продовження таблиці 5.6

Фінанси	- робота з екосномічного планування	0,3	0,05	3	0,05	50,5
	- застосування заходів щодо ефективного використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів		0,04	4	0,04	50,4
	- прибутковасосновна діяльність		0,075	3	0,045	50,45
	- якість системи обліку показників прибутку, рентабельності, витрат		0,05	4	0,03	50,3
	-облік та асналіз використання оборотних активів та основних фондів		0,15	3	0,02	50,2
	- інвестиційна привабливість підприємства		0,07	3	0,05	50,5

Продовження таблиці 5.6

- контроль за виконанням планів по реалізації продукції, прибутку; контроль за правильністю встановлення цін на товари		0,03	4	0,05	50,5
- податкова дисципліна		0,06	2	0,024	50,24
- роль власників у формування фінансової системи підприємства		0,04	3	0,06	50,6
- фінансовий стан		0,075	3	0,045	50,45
- можливості залучення короткострогового капіталу		0,06	3	0,036	50,36
- можливості залучення довгострокового капіталу		0,15	2	0,06	50,6
- достатність робочого капіталу		0,07	2	0,028	50,28
- контроль за здійсненням витрат, пошук можливостей щодо їхнього зниження		0,08	4	0,04	50,4

Продовження таблиці 5.6

Разом			1	-	1,702	51,702
Клієнти	-збір необхідної інформації про ринок	0,5	0,15	3	0,135	51,35
	- номенклатура товарів та можливість розширення асортименту		0,1	3	0,09	50,9
	- частка ринку		0,15	2	0,09	50,9
	- зважена цінова політика		0,1	5	0,15	51,5
	- врахування потреб споживачів		0,15	5	0,225	52,25
	- якість методів та каналів збуту		0,05	3	0,045	50,45
	- рівень організації збуту продукції		0,1	4	0,12	51,2
	- результативність рекламної політики		0,1	3	0,09	50,9
	- проведення акцій, презентацій нових товарів, розпродажів		0,05	1	0,015	50,15
	- репутація і якість реалізованої продукції		0,05	3	0,045	50,45
Разом			1	-	1,005	60,05

Бізнеспроцеси	- відповідність організаційної структури стратегічній орієнтації підприємства	0,3	0,03	4	0,036	50,36
	- стиль управління		0,02	3	0,018	50,18
	- престиж й імідж підприємства		0,02	3	0,018	50,18
	- організаційний клімат і культура підприємства		0,03	3	0,027	50,27
	- організація системи комунікацій		0,05	4	0,06	50,6
	- загальна система контролю за ефективністю господарювання		0,05	3	0,045	50,45
	- прийняття рішень із застосуванням прогресивних, інноваційних методів управління		0,05	4	0,06	50,6
	- взаємодія структурних підрозділів у досягненні поставлених цілей		0,15	3	0,135	51,35
	- класифікація, здібності й інтереси вищого керівництва		0,2	4	0,24	52,4
	- система стратегічного планування		0,2	3	0,18	51,8
	- стан устаткування й приміщень		0,2	0	0	50
Разом			1	-	0,819	58,19
Підсумок за всіма факторами:		1	-	-	2,408	74,08

Визнання базової стратегії конкурентної поведінки

Даний стартап проект буде працювати за типом конкурентної поведінки – ринковий наступник. Ринковий наступник - це конкурент з невеликою частиною ринку, який вибирає адаптивну поведінку, яка погоджуючи свої рішення з рішеннями, прийнятими конкурентами. Дане підприємство переслідує мету «мирного співіснування» і усвідомленого розділу ринку. Подібна поведінка спровокована тим, що ресурси та за можливості підприємства обмежені або в ситуаціях олігополії, коли можливості диференціації невеликі, а перехресна еластичність за цінами дуже велика, так що кожен конкурент прагне уникнути боротьби, яка може завдати збитку всім підприємствам.

Стратегія наступника підходить підприємству, так як: має значну частину ринку; виробляє достатньо якісну продукцію, менш невисоку вартість альтернативи; швидко наслідує зміни в галузі; охоплює самі великі сегменти ринку; утримує або збільшує частку ринку; утримує співвідношення власної ринкової частки та частки лідера; має переваги за витрати; обмежено впливає на ринок [35].

Поведінка наступника зовсім не означає, що у підприємства не буде конкурентної стратегії. Навпаки, факт володіння малою часткою ринку підсилює значення чітких стратегічних цілей, адаптованих до можливостей і намагань підприємства. У дослідженні стратегій підприємств, що володіють малою часткою ринку, було встановлено, що вони можуть подолати труднощі, пов'язані з їх невеликим розміром, і в деяких випадках добиваються вищих показників, ніж домінуючі конкуренти.

Висновки до розділу

На основі отриманих дослідження, можна зробити висновок, що впровадження стартаппроекту є досить рентабельним та конкурентноспроможним. Перспективи даного стартапу перекривають всі

труднощі, які виникають на шляху до впровадження даного способу на ринку України.

6 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Тема магістерської дисертації «Вплив технологічних параметрів варіння на якість волокнистих напівфабрикатів із однорічних рослин».

Відповідно до закону України про охорону праці розроблено заходи, щодо безпечних умов праці в науково-дослідній лабораторії при виконанні експерименту.

В науково-дослідній роботі досліджувався вплив процесу мацерації на недеревну рослинну сировину: стебла ріпаку та сої, а також пшеничну солому. Під час виконання експериментів використовувались такі небезпечні та токсичні речовини, як концентрований розчин гідроксиду натрію, який є небезпечними в рідкому та газоподібному станах.

Заходи з охорони праці розроблялись для інженера хімічної лабораторії. В цьому розділі надається оцінка умов праці в лабораторії, на основі чого розроблено заходи, направлені на вдосконалення умов праці в лабораторії, а також пожежної профілактики і охорони навколишнього середовища.

Робота виконувалась в умовах приміщення навчальної лабораторії кафедри Е та ТРП «КПШ». Площа підлоги лабораторії 190 м^2 , об'єм 1265 м^3 . В приміщенні працювало 10 осіб. На кожного припадало 19 м^2 підлоги і 126 м^3 об'єму приміщення, що відповідає стандартам СН 245-71, згідно яких на одного працюючого повинно припадати $4,5 \text{ м}^2$ площі підлоги та 15 м^3 об'єму виробничого приміщення.

Як видно з методики магістерської дисертації, під час експериментальних досліджень використовувались шкідливі компоненти і матеріали, скляний хімічний лабораторний посуд та застосовувались електрична, механічна і теплова енергії. Експериментальна частина роботи виконана з дотриманням вимог охорони праці, пожежної та екологічної безпеки відповідно ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ «Процеси виробничі», «Загальні вимоги безпеки».

У цьому розділі на підставі даних атестації робочого місця експериментатора розроблені заходи, спрямовані на вдосконалення умов праці, пожежної профілактики і охорони довкілля.

6.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників під час виконання експериментальної частини магістерської дисертації

6.1.1 Повітря робочої зони

Робота, що виконувалась в хімічній лабораторії належить до категорії 16 і характеризується як легка, що не потребує систематичної фізичної напруги.

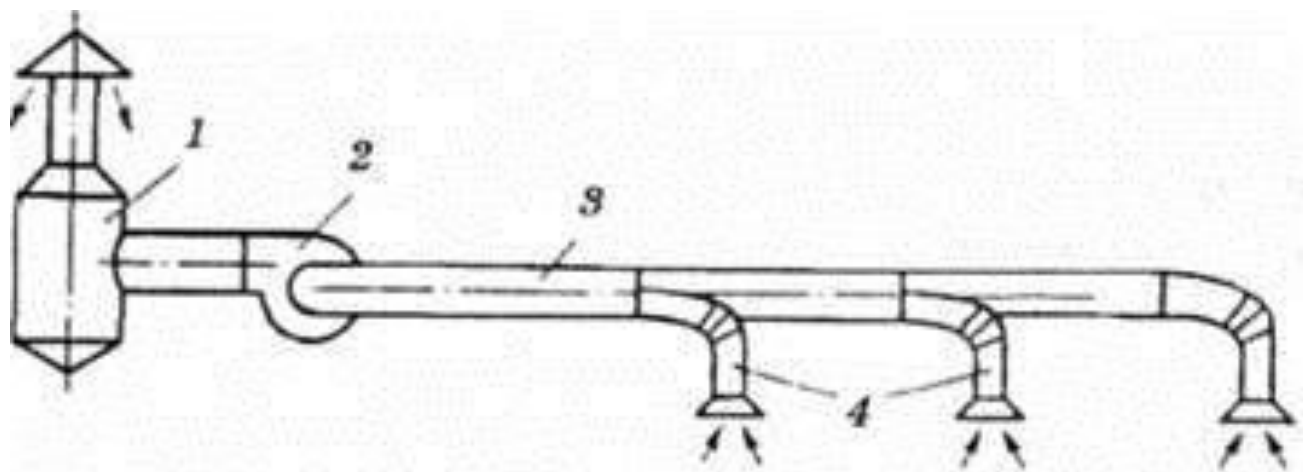
Слід зазначити, що енерговитрати організму під час виконання сидячи, стоячи або пов'язаних з ходьбою, що супроводжується деякими фізичними навантаженнями становлять 125-155 ккал/г (139-175 Дж/с).

Експеримент виконувався в холодну пору року.

Таблиця 6.1 – Санітарні норми і фактичні значення параметрів мікроклімату

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		факт.	факт.	факт.
холодна	Легка 16	15-18	40-60	0,1

Мікроклімат в лабораторії відповідає стандартам ДСН-3.3.6042-99 за температурою повітря, оскільки в роботі використовувались шкідливі речовини, то необхідно зробити оцінку ефективності роботи витяжної вентиляції (рис. 5.1).



1 – очисний пристрій; 2 – вентилятор; 3 – центральний повітровід;
4 – відсмоктуючий повітровід

Рисунок 6.1 – Схема витяжної вентиляції

Для вилучення шкідливих речовин безпосередньо з місць їх утворення під час виконання досліджень користувались витяжною шафою (рис. 5.2).

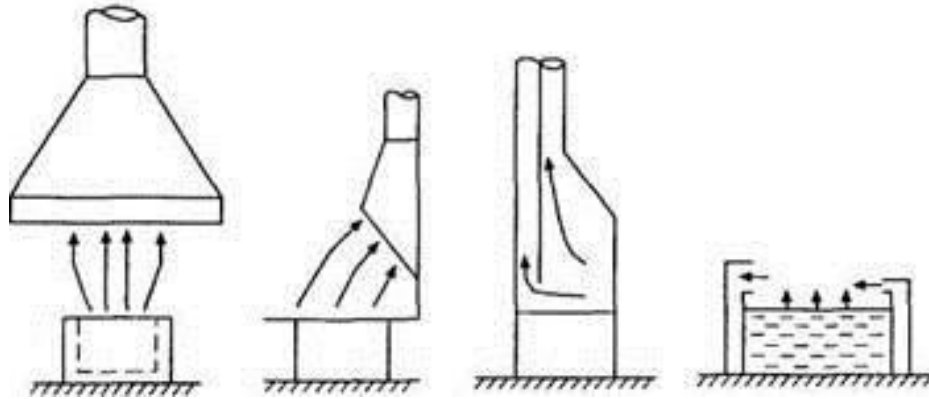


Рисунок 6.2 – Витяжна шафа

1) Замір швидкості руху повітря в робочому отворі витяжної шафи здійснювався анемометром типу АСО-3.144.

Час заміру $t = 100$ с.

$U_n = 3589$, $U_k = 3649$.

$\Delta U = U_n - U_k = 3589 - 3649 = 60$ поділ. $U = \Delta U / t = 60 / 100 = 0,6$ поділ./с,

де U_n – початковий відлік, поділ.;

U_k – кінцевий відлік, поділ.;

ΔU – різниця кінцевого і початкового значень, поділ.

2) Проводимо другий аналогічний дослід для точнішого визначення швидкості руху повітря. Похибка не повинна перевищувати 5 %.

$U_n = 3642$, $U_k = 3704$, $\Delta U = 62$ поділ.

$U = \Delta U / t = 62 / 100 = 0,62$ поділ.

За графіком який додається до приладу знаходимо швидкість руху повітря, яка дорівнює $U = 0,18$ м/с.

Як видно з табл. 5.2, деякі параметри мікроклімату не відповідають санітарним нормам. Так, температура в лабораторії в холодну пору року становила 15-18 °С, замість допустимих 20-24 °С. Це пов'язано з недостатнім опалюванням, оскільки міські теплові мережі не надають тепло в достаттній кількості. Для підвищення температури в холодну пору року в лабораторії використовували термовентилятор DeLonghi HVE 130. Що істотно покращувало мікроклімат.

Робота в лабораторії представляє реальну загрозу через вірогідність отримання працівниками професійних захворювань і отруєнь внаслідок контакту з хімічними речовинами (табл. 5.2), які шкідливо впливають на організм людини.

Швидкість руху повітря, що всмоктується у витяжну шафу через робочий отвір, більше 0,36 м/с у разі видалення пари і газів, що мають малу токсичність і 0,5 м/с у разі видалення сильнодіючих шкідливих речовин (I і II клас небезпеки). Швидкість руху повітря в отворі витяжної шафи становить 0,1 м/с.

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика лабораторії

Найменування лабораторії	НД лабораторія №112-4 кафедри Е та ТРП
Речовини, що виділяються та причини їх виділення	Під час приготування розчину гідроксиду натрію 20 г/л та 30 г/л утворюються випари
Група шкідливих речовин в повітрі робочої зони, мг/м ³	При надходженні в організм парів гідроксиду натрію викликає подразнення слизових оболонок та

Продовження таблиці 6.2

	опіки верхніх дихальних шляхів
Клас небезпечності шкідливих речовин	I та IV
Засоби індивідуального захисту, марка ДЕСТ	Захист органів дихання: фільтруючі протипогаз, респіратор РПГ-67 ДЕСТ 12.4.04-7

Засоби до лікарняної допомоги	При потраплянні бризок в очі миттєве Промивання широко розкритого ока водою
ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони, мг/м.куб	0,1-10
Класифікація виробництва відповідно СН245-71	IV
Санітарні група виробничого процесу по СНП	2

Температуру повітря в лабораторії вимірюють за допомогою спиртового термометра, а відносну вологість визначають стаціонарним психометром. Для вимірювання швидкості руху повітря в лабораторії використовується анемометр марки АСО-3

6.1.2 Виробниче освітлення

Відповідно ДБНВ 2.5.28-2006 лабораторія № 112-4 за умовами зорової роботи належить до розряду IV а. В приміщенні передбачено природне, штучне і комбіноване освітлення. Природне освітлення є боковим . Штучне освітлення – загальне, рівномірне, люмінесцентне. В лабораторії передбачено робоче, чергове і аварійне освітлення. В табл. 5.3 наведено норми освітленості лабораторії і її фактичні значення.

Фактичне значення штучного освітлення в лабораторії дорівнює 320 лк. В лабораторії використовується природне (двостороннє бокове) освітлення, для штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи АД-1.5 з потужністю 250 Вт, напругою мережі 220 В, світловим потоком 11000 лм, які вмонтовані в світильники типу ПВМ-1-2х40. Освітлення в витяжній шафі забезпечується також світильником НОБ-300.

Таблиця 6.3 – Норми освітлення і КПО при бічному і поєднаному освітленні відповідно до ДБНВ 2.5.28-2006

Розряд і підрозряд зорових робіт	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО при бічному штучному освітленні	КПО при комбінованом у освітленні
	комбінована	загальна	фактична		
IV а	750	300	200	1,5	0,9

По функціональному призначенню, в лабораторії Е та ТРП передбачено робоче, аварійне і ремонтне освітлення. Останнє має вигляд переносних світильників.

6.2 Виробничий шум та вібрації

Основним джерелом виробничого шуму в лабораторії є витяжна шафа, магнітна мішалка, ЛА-1, ЛРК, розволокнювач.

6.3 Небезпека ураження електричним струмом

Лабораторія кафедри Е та ТРП за ступенем небезпеки ураження електричним струмом відноситься до підвищено небезпечних підвищень II класу, що характеризується, як особливо небезпечна, у зв'язку з можливістю одночасного дотику до металевих корпусів електроустаткування і до сполучених із землею струмопровідних предметів.

Електроустаткування в лабораторії У та ТРП живить від трифазної чотирьох-провідної мережі змінного струму, частотою 50 Гц з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Блокування безпеки в лабораторії представлені у вигляді механічного блокування у вигляді загального вимикача, що загалом вимикає струм у лабораторії.

Засоби орієнтування дозволяють персоналу орієнтуватися при виконання робіт і попереджують його від помилкових дій. Орієнтацію забезпечує маркування частин електроприладу, попереджувальні сигнали, попереджувальний знак «Обережно! Електрична напруга».

На кожному пристрої, що знаходиться в експлуатації, на елемент, що складається паспорт, який включає схеми заземлення, основні технічні дані, дані про результати перевірки, характеристика ремонтних та оглядових робіт.

Занулення – нависне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих не струмопровідних частин, які опинитися під напругою (корпуси електроустаткування, кабельні конструкції, сталеві труби тощо).

Метою занулення є усунення небезпеки ураження людини під час проби на корпус обладнання однієї фази мережі електричного струму. Ця мета досягається внаслідок швидкого відімкнення максимальним струмовим захистом частини мережі, на якій трапилося замикання на корпус.

Завдяки підключенню до нейтральної точки джерела всіх струмонепровідних частин обладнання, однофазне замикання на корпус перетворюється в однофазне коротке замикання, яке призводить до спрацювання максимального струмового захисту.

Найбільш вірогідна причина ураження електричним струмом в лабораторії – випадковий дотик до оголених струмопровідних частин електроустаткування, а також до дротів з пошкодженою ізоляцією. До організаційних причин електротравм належать травми, отримані внаслідок неправильного виконання організаційних заходів безпеки, а також невідповідність роботи завданню. До організаційно-соціальних причин електротравм – травми, пов'язані з роботою в неурочний час, невідповідність роботи спеціальності і порушення трудової дисципліни.

Як видно з порівняння отриманих даних з нормативними, у разі порушення вимог правил електробезпеки в лабораторії кафедри Е та ТРП можуть виникати важкі ушкодження електричним струмом і навіть із смертельним результатом.

6.4 Небезпека виконання експерименту

Основна небезпека отримання механічних ушкоджень полягає у застосуванні в ході даного експерименту скляного посуду. Травми можуть бути наслідком використання надбитого посуду.

Під час виконання даного експерименту використовувався термостійкий посуд.

Також в хімічній лабораторії існує небезпека отримання механічних травм під час роботи зі скляним посудом, у разі неправильної експлуатації термостійкого посуду, внаслідок чого можуть виникати опіки.

Більша частина таких нещасних випадків належить до категорії легких травм і мікротравм. До них належать порізи шкіри рук, дія агресивних речовин, опіки, які виникають під час використання гарячого посуду. Особливо небезпечні порізи скалками, які забруднені хімічними речовинами, оскільки у цьому разі можливе потрапляння хімічних речовин в кров.

На основі можливості небезпеки виконання робіт повинні здійснюватись наступні заходи:

- 1) всі працюючі повинні бути забезпечені спеціальним одягом;
- 2) для захисту очей повинні застосовуватись захисні окуляри;
- 3) у роботі повинен використовуватись тільки цілий скляний посуд;
- 4) до робочих місць повинні бути підведені шланги з кранами, які легко відкриваються для подачі води;
- 5) всі упаковки з реактивами повинні бути підписані і зберігатись таким чином, щоб виключати безпосередню близькість речовин, які можуть взаємодіяти одна з одною, викликаючи пожежу чи вибух;
- 6) на робочих місцях необхідно дотримуватись чистоти.

В лабораторії є медична аптечка, водопровідний кран, мило і рушник для рук, а також шланг на крані для промивання очей.

6.5 Атестація робочих місць

Виконуючи дослідну роботу проводемо атестацію робочого місця в хімічній лабораторії. Ступінь шкідливості факторів виробничого середовища і тяжкості робіт встановлюється в балах за наступними критеріями: оцінка впливу одного фактору на стан умов праці враховується довготривалістю його дії під час зміни.

Розмір доплат залежно від фактичного стану умов праці встановлюється керівництвом організації залежно від суми значень $X_{\text{факт.}}$. У випадку обмежень можливості проведення інструментальних вимірів або розрахунку факторів виробничого середовища допускається, у порядку виключення, застосування методу експрес-оцінки стану умов праці за критеріями. При цьому, оцінка 3 бали дається тільки на основі інструментальних вимірів.

6.6 Пожежна безпека у надзвичайних ситуаціях

Для забезпечення пожежної безпеки в лабораторії застосовуються наступні заходи:

- 1) до самостійної роботи допускаються особи, що пройшли протипожежний інструктаж;
- 2) зберігання реактивів і матеріалів здійснюється в окремій тарі під витяжною або в спеціальній шафі;
- 3) для обмеження поширення вогню у разі пожежі в приміщенні використовуються протипожежні перешкоди – стіни, двері і перекриття, що не займаються;
- 4) вентиляційна система виготовлена з вогнестійкого і термостійкого матеріалу;
- 5) у разі виникнення надзвичайної ситуації використовується повітряний апарат МПА, який призначений для захисту органів дихання і зору від впливу високотоксичного газового середовища під час виконання технічних та рятувальних робіт, а також для нетривалих робіт під час огляду запірного устаткування, ліквідації витоку газу і шкідливих рідин.
- 6) для забезпечення пожежної безпеки у лабораторії використовуються порошкові установки для гасіння пожеж САМ-9, з наступними характеристиками: маса пожежогасної речовини – 9 кг, робочий тиск в корпусі – 1,4 МПа, робочий газ – повітря чи азот, температура руйнування теплового замка – 72 °С, захисна площа – 12 м², середній термін служби – 10 років.

7) для забезпечення пожежної безпеки приміщення лабораторії № 112-4 оснащене переносними вуглекислими вогнегасниками типу ОУ-3 із наступними характеристиками: місткість корпусу – 3 л, діапазон температурного використання від -20 до +50 °С, робочий тиск – 5,8 МПа, строк служби – 10 років.

У приміщенні лабораторії встановлена автоматична пожежна сигналізація з тепловими датчиками, розташованими на стелі. Для захисту від загоряння прилади необхідно оснащувати плавкими запобіжниками. Для пригнічення вогнищ пожежі в спеціальному приміщенні, що примикає до лабораторії, є вогнегасники типу ОУ-5, ящики з піском, щільна матерія для ізоляції кисню. Також передбачений внутрішній протипожежний водопровід.

Для захисту електропроводки від механічних і хімічних руйнувань застосовується її приховане виконання, внаслідок якого вона менш схильна до впливу агресивного середовища. Місця прокладення кабелів надійно футеровані, кабелі мають цілісну оболонку і броню. Застосовуються підземні кабельні лінії. Для захисту від прямих ударів блискавки, будівля оснащена громовідводом стержневого типу. Захист від вторинних дій блискавки здійснюється заземленням усієї металевої апаратури всередині і поза будівлею. Для запобігання занесенню високих потенціалів застосовані підземні кабельні лінії, оболонка і броня яких приєднана до захисного заземлення. Трубопроводи також заземлені.

Наведено схему евакуації з лабораторії № 112-4 у разі пожежі наведено на рис. 6.4.

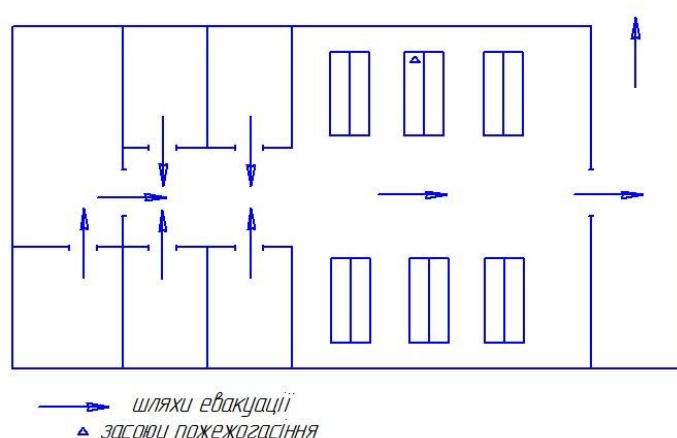


Рисунок 6.4 – Схема евакуації з лабораторії № 112-4 у разі пожежі

ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовано, розроблено та експериментально підтверджено нову технологію переробки пшеничної соломи, стебел ріпаку та сої з метою одержання целюлозовмісних напівфабрикатів, яка дозволяє раціонально використовувати вітчизняну сировину – пшеничну солому, ріпаку та сої для виробництва целюлозної продукції.

2. Досліджено вплив технологічних параметрів на одержання волокнистих напівфабрикатів із стебел сої, ріпаку та пшеничної соломи з використанням розчину NaOH за концентрації 16 г/дм^3 , 20 г/дм^3 та 24 г/дм^3 в од. Na_2O та 15 г/дм^3 з використанням антрахінону за тривалості 30 хв та варінням сировини протягом 60, 90 та 150 хв.

3. Показано, що за одних і тих же умов варіння соя делігніфікується повільніше, ніж ріпак. Це підтверджується вищим виходом на 2 – 6 %, ВНФ та нижчим значенням їх розривної довжини. Опір роздиранню, навпаки, дещо вищий за рахунок збільшення об'ємної маси, що можна пояснити більшою кількістю дрібного волокна у ВНФ, отриманих із соломи сої. За однакових умов варіння показники ВНФ із соломи ріпаку вищі, що підтверджується глибшою їх делігніфікацією та більшими розмірами волокон.

4. Встановлено, що в результаті проведення мацерації і подальшого варіння за атмосферних умов краще делігніфікується пшенична солома, що підтверджується, як ступенем делігніфікації, так і показниками міцності.

5. Показано, що ВНФ отримані із НДРС з використанням варильного розчину з концентрацією 24 г/дм^3 за виходом мають нижчі значення, але за вмістом залишкового лігніну, перевищують значення для ВНФ отриманих за нижчої концентрації NaOH 15 г/дм^3 . Таку залежність можна пояснити розчиненням більшої частини екстрактивних речовин, низькомолекулярних фракцій вуглеводної частини, що є позитивним з точки зору отримання ВНФ.

6. Підтверджено, що додавання антрахінону до варильного розчину

підвищує вихід ВНФ, за однакових концентрацій приблизно на 2 – 4 %. Використання антрахінону у варильному розчині призводить підвищення показників у порівнянні з показниками без використання каталізатору, що пояснюється з однієї сторони каталітичною дією антрахінону на лігнін, а з другої – стабілізацією вуглеводної частини сировини.

7. Наведено, що проведення мацерації і варіння стебел ріпаку та сої за невисоких концентрацій із підвищенням тривалості від 60 до 90 хв впливає несуттєво. За підвищення тривалості варіння до 150 хв вихід знижується приблизно на 10 %.

8. Доведено, що згідно з ДСТУ 7798:201 отриманий волокнистий напівфабрикат є високоякісною целюлозовмісною сировиною для отримання паперу для гофрування. Досягнуто марку Б-2 у випадку одержання паперу для гофрування із пшеничної соломи та стебел ріпаку, а також марку Б-3 у випадку одержання паперу для гофрування із пшеничної соломи та стебел ріпаку, сої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лихочвар В.В. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур / В.В. Лихочвар, В.Ф. Петриченко. – Львів: НВФ «Українські технології», 2006. – 730 с.
2. Торгашов В.И. Сравнительное исследование условий выделения, морфологии и свойств целлюлозы из стеблей злаковых и масличных культур. / Е.В. Герт, О.В. Зубец, Ф.Н. Капуцкий // Химия растительного сырья. – Минск. – №4. – 2009. – 40 с.
3. Фляте Д.М. Свойства бумаги / Д.М. Фляте. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 648 с.
4. Химия древесины /Ред. Луис Э.Уайз и Эдвин С.Джан./пер.со 2-го америк.изд. М. - Л.: Гослесбумиздат, 1959.- 608 с.
5. Maddern K. N. Mill scale development of the DARS direct causticization process//Pulp and Paper Magazine of Canada.— 1986.— V. 87.
6. Непенин Ю.Н. Технология целлюлозы. М. - Л.: Гослесбум-издат, 1963. – т.2. – 936 с.
7. Примаков С.Ф. Производства картона – М: Лесная промышленность, 1991, – 456 с.
8. Pande H. // UnasyLva. 1998. Vol. 49. № 193. P. 44.
9. Torgashov V.I ., Kaputskii F.N., // Cleaning up sites contaminated with radioactive materials, Extended Abstracts of International Workshop. М., 2007. P. 57.
10. Кириченко В. В. Виробництво соняшнику в Україні: стан і перспективи / В. В. Кириченко, В. П. Коломацька, К. М. Макляк, В. І. Сивенко // Вісн. ЦНЗ АПВ Харківськ. обл. – 2010. – Вип. 7. – 300 с.
11. Концепція загальнодержавної цільової програми розвитку целюлозно-паперової промисловості України та вітчизняного ринку картонно-паперової продукції на період до 2020 року: [Електронний ресурс]. – Режим доступу. – <http://industry.kmu.gov.ua/industry/control/uk/publish/article>.
12. Сільське господарство України. Статистичний збірник 2015. Державна

служба статистики України <http://www.ukrstat.gov.ua/>

13. Городов В.В. Испытание лубоволокнистых материалов: [учеб. пособ.] / под ред. В.В. Городова, С.Е. Лазарева, И.Я. Луневой и др. – М.: Лёгкая индустрия, 1969. – 208 с.
14. Тіхосова Г.А. Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння соломи: [монографія] / Л.А. Чурсіна, Тіхосова Г.А., О.О. Горач, Т.І. Янюк. – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 356 с.
15. Капуцкий, Ф. Н., Зубец, О. В., Герт, Е. В., Финк, Г. П., Джонс, Д. Л., Торгашов, В. И. // Химические волокна , 2006. – № 5. – 55 с.
16. Капуцкнй Ф.Н., Юркштовнч Т.Л.. Алиновская В.А. // Вести АН БССР. Сер. 1989. – №3. – 31 с.
17. Капуцкий, Ф. Н., Герт, Е. В., Торгашов, В. И., Зубец, О. В. // Химические волокна , 2005. – № 6. – 62 с.
18. Грант Ю. Лабораторный справочник по производству целлюлозы и бумаги / Под ред. М.Н. Цыпкиной: Пер. с англ. М.: 1965. – 75 с.
19. Иванов С . Н . Технология бумаги. М.: 1970. – 30 с.
20. Оболенская А.В., Щеголев В.П., Аким Г.Л . и др. Практические работы по химии древесины и целлюлозы. М.: 1965. – 68 с.
21. Митченко О.О. І.В. Чехова, С.А. Чехов Основні напрями використання олійних культур у біоенергетичній галузі//Продуктивність агропромислового виробництва. Економічні науки. – 2014. – Вип.26. – С. 88–97.
22. Копанський М. М.ШепелюкО.О. Порівняльний аналіз складу та властивостей рослинної сировини із стебел ріпаку і пшенично-житньої соломи//Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2013. – Вип. 185(2). – С. 134–138.
23. Гаркавенко Ю. Е. Ріпак: успіх після провалу /Гаркавенко Ю. Е.// Агробізнес сьогодні. – 2014. –Липень, № 13. – С. 12
24. Черьопкіна Р.І., Кушмітько О.В., Черняк А.М. Нейтрально-сульфітна делігніфікація соломи ріпаку. Вісник НТУУ «КПІ» Хімічна інженерія, екологія та

ресурсозбереження. - №1(9). – 2012. – С. 94-97.

25. Диагностические признаки недревесных растительных и химических волокон В.Е. Москалёва, З.Е. Брянцева, Е.В. Гончарова, Р.М. Алиева и др. Под ред. Н.П. Зотовой - Спановской. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 120 с.

26. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы. Том 1 (Часть 2). С.-Петербург: Политехника, 2003. – 633 с.

27. . Юдицкая, М. Берегите лес. Однолетние растения в производстве бумаги и картона [Текст] / М. Юдицкая // Бумага и жизнь. — 2005. — № 5(59). — С. 42–44. ISSN 2226-3780

28. . Paavilainen, L. European Prospects for Using Nonwood Fibre [Text] / L. Paavilainen // Pulp and Paper International. — 1998. — Vol. 40, № 6. — P. 402–419.

29. . Second International Nonwood Fibre Pulping and Papermaking Conference, April 6–9, 1992, Shanghai, P. R. China [Text]: Proceedings. — Science Press, 1992. — Vol. 1. — 582 p.

30. Li, M. Preparation and characterization of cellulose nanofibers from depectinated sugar beet pulp [Text] / M. Li, L. Wang, D. Li, Y.-L. Cheng, B. Adhikari // Carbohydrate Polymers. — 2014. — Vol. 102. — P. 136–143. doi:10.1016/j.carbpol.2013.11.02

31. Mazhari Mousavi, S. M. Papermaking potential of rapeseed straw, a new agricultural-based fiber source [Text] / S. M. Mazhari Mousavi, S. Z. Hosseini, H. Resalati, S. Mahdavi, E. Rasooly Garmaroody // Journal of Cleaner Production. — 2013. — Vol. 52. — P. 420–424. doi:10.1016/j.jclepro.2013.02.016

32. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы [Текст]. — СПб.: Политехника, 2003. — Т. 1, Ч. 2. — 633 с.

33. Doherty, B. Bagasse Fractionation by the Soda Process [Text] / B. Doherty, T. Rainey; D. Hogarth (Ed.) // Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists 2006, 2–5 May 2006, Australia, Queensland, Mackay. — Australian Society of Sugar Cane Technologists, 2006. — 105 p.

34. Вураско, А. В. К вопросу о механизме действия антрахинона в условиях щелочной делигнификации [Текст] / А. В. Вураско // Химия растительного сырья.

— 2007. — № 4.— С. 5–9.

35. Черьопкіна, Р. І. Нейтрально-сульфітна делігніфікація соломи ріпаку [Текст] / Р. І. Черьопкіна, О. В. Кушмітько, А. М. Черняк // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». — 2012. — № 1(9). — С. 94–97.

36. Лабораторный практикум по целлюлозно-бумажному производству [Текст]. — М.: Экология, 1980. — 168 с.

Додатки

ДОДАТОК А

Якісні показники волокнистих напівфабрикатів отриманих із стебел сої, ріпаку
та соломи за концентрацій розчину NaOH 16 г/дм³ в од. Na₂O

Сироина		Соя			Ріпак			Солома		
Тривалість варіння, хв.		60	90	150	60	90	150	60	90	150
Вихід, %		82	78	74	81	75	74	81	80	73
Вміст залишкового лігніну, %		17	16,6	16,5	17,8	17,5	16,4	16,9	16,7	16,3
Ступінь млива, ШР		55	53	56	45	47	40	59	63	62
Розривна довжина	За Гартигом, м	3200	3300	3550	3850	4000	4450	5050	5150	5500
	За Гойєром, м	3200	3300	3550	3850	4000	4450	5050	5150	5500
Опір продавлюванню	Абсолютний, кПа	93	95	105	105	117	120	125	130	145
	Відносний, кПа	93	95	105	105	117	120	125	130	145
Опір роздиранню	Абсолютний, мН	32	33	40	43	47	59	50	55	65
	Відносний, мН	32	33	40	43	47	59	50	55	65
Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п.		13	15	23	15	17	27	25	30	45

ДОДАТОК Б

Якісні показники волокнистих напівфабрикатів отриманих із стебел сої, ріпаку
та соломи за концентрацій розчину NaOH 20 г/дм³ в од. Na₂O

Сировина		Соя			Ріпак			Солома		
Тривалість варіння, хв.		60	90	150	60	90	150	60	90	150
Вихід, %		74	73	64	70	65	66	70	65	67
Вміст залишкового лігніну, %		16,2	16	15,6	17,1	16,9	16,3	16,5	16,4	15,9
Ступінь млива, ШР		55	53	56	45	47	40	59	63	62
Розривна довжина	За Гартигом, м	3600	3650	3850	4200	4300	4600	5500	5550	5850
	За Гойєром, м	3600	3650	3850	4200	4300	4600	5500	5550	5850
Опір продавлюванн ю	Абсолютний, кПа	110	114	125	115	120	130	145	150	160
	Відносний, кПа	110	114	125	115	120	130	145	150	160
Опір роздиранню	Абсолютний, мН	43	45	50	57	60	70	66	70	80
	Відносний, мН	43	45	50	57	60	70	66	70	80
Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п		20	24	34	25	27	41	41	45	60

ДОДАТОК В

Якісні показники волокнистих напівфабрикатів отриманих із стебел сої, ріпаку
та соломи за концентрацій розчину NaOH 24 г/дм³ в од. Na₂O

Сировина		Соя			Ріпак			Солома		
Тривалість варіння, хв.		60	90	150	60	90	150	60	90	150
Вихід, %		73	72	61	65	62	63	64	60	55
Вміст залишкового лігніну, %		15,7	15,6	15,5	17	16,8	16,1	16,2	16,1	15,8
Ступінь млива, ШР		55	53	56	45	47	40	59	63	62
Розривна довжина	За Гартигом, м	3700	3750	4150	4300	4400	4700	5750	5800	5900
	За Гойєром, м	3700	3750	4150	4300	4400	4700	5750	5800	5900
Опір продавлюванню	Абсолютний, кПа	115	118	127	120	123	134	153	155	160
	Відносний, кПа	115	118	127	120	123	134	153	155	160
Опір роздиранню	Абсолютний, мН	48	50	53	64	65	72	73	75	85
	Відносний, мН	48	50	53	64	65	72	73	75	85
Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п		26	30	34	30	33	44	44	48	64

ДОДАТОК Г

Якісні показники паперу для гофрування, отриманих із волокнистих напівфабрикатів стебел сої, ріпаку та соломи

Сировина	Тривалість варіння	Опір площинному стисненню гофрованого зразка паперу, Н	Опір торцевому стисненню гофрованого зразка паперу, кН/м	Абсолютний опір продавлюванню, кПа
За концентрації NaOH 16 г/дм ³ в од. Na ₂ O				
Соя	60	74	0,17	197
	90	81	0,22	209
	150	95	0,34	214
Ріпак	60	87	0,4	237
	90	93	0,25	160
	150	102	0,23	107
Солома	60	79	0,34	186
	90	100	0,29	183
	150	106	0,33	198
ГОСТ 7377-85	Б-0	215	0,8	195
	Б-1	210	0,7	195
	Б-2	115	0,75	125
	Б-3	75	0,4	120
За концентрації NaOH 24 г/дм ³ в од. Na ₂ O				
Соя	60	74	0,17	75
	90	81	0,22	83
	150	95	0,34	89
Ріпак	60	87	0,4	93
	90	93	0,25	110
	150	102	0,23	112
Солома	60	79	0,45	119
	90	100	0,54	123
	150	106	0,55	131
ГОСТ 7377-85	Б-0	215	0,8	195
	Б-1	210	0,7	195
	Б-2	115	0,75	125
	Б-3	75	0,4	120

